

## B Stoffe, Teilchen, Eigenschaften (S.20/21)

### Zu den Aufgaben

**A1** Eistee, Cola light, Fanta, Sprite enthalten Citronensäure.

Viele Marmeladen und Puddingpulver enthalten Citronensäure. Citronensäure und deren Salze sind als Zusatzstoffe bei der ökologischen Wurstherstellung erlaubt. In einigen Fleischwaren sind Salze der Citronensäure enthalten.

*Hinweis:* Citronensäure (Zitronensäure) und ihre Salze werden zur Konservierung, zur Homogenisierung als Schmelzsalz, als Säuerungsmittel und Komplexbildner für Lebensmittel verwendet. Citronensäure wird Limonaden und Eistee zugesetzt, in Fruchtsäften kommt sie auch natürlich vor. In der EU ist Citronensäure als Lebensmittelzusatzstoff unter der Nummer E 330 in den meisten Lebensmitteln unbegrenzt zugelassen. Eine Ausnahme bilden zum Beispiel Schokoladenerzeugnisse und Fruchtsäfte, für die nur eine begrenzte Zulassung vorliegt, und einige Lebensmittel, wie zum Beispiel Honig, Milch und Butter, für die keine Zulassung vorliegt.

**A2** Beispiele: Bitterorange, Artischocke, Holunder, Koriander, Salbei, Chicoree, Löwenzahn, Radiccio, Spargel, Rhabarber, Muskatnuss, Oregano, Thymian, Kaffee, Grüner Tee, Schwarzer Tee, Bitter Lemon

**A3**

1. Beispiel: Tomaten, Branntweinessig, Zucker, Salz, Gewürzextrakt (enthält Sellerie), Gewürze
2. Beispiel: 76 % Tomatenmark, Branntweinessig, Glucose-Fructose-Sirup, Zucker, modifizierte Stärke, Speisesalz, Verdickungsmittel Xanthan, natürliches Aroma
3. Beispiel: 58 % Tomatenmark, Wasser, Zucker, modifizierte Stärke, Branntweinessig, Speisesalz, Senf, Gewürze

**A4** Beispiele (siehe auch Lösungen zu A5):

Lebensmittel	Farbstoff	Ursprung
Orangenlimonade	Carotin	pflanzlich/synthetisch
Gummibärchen	verschiedene natürliche Farbstoffe	pflanzlich
Smarties	Riboflavin Karmin Cochinille Carotin	pflanzlich pflanzlich/tierisch synthetisch pflanzlich/synthetisch
Schokolinsen, rosa	Titandioxid, Eisenoxid	mineralisch

**A5**

Gegenstand	Stoffe	Eigenschaften
Pullover	Baumwolle	saugt Wasser auf
Gummistiefel	Gummi	weist Wasser ab
Messer	Stahl	hart, glänzend, lässt sich schleifen
Kunststofftrinkbecher	Kunststoff, PE, PP	leicht, leitet schlecht die Wärme
Holzlöffel	Holz	leitet schlecht die Wärme
Griff eines Schraubendrehers	Holz, Kunststoff	leitet nicht den elektrischen Strom
Kupferkabel	Kupfer	leitet gut den elektrischen Strom
Eiswürfel	Wasser	farblos, geruchlos, schmilzt bei Zimmertemperatur
Steckbausteine	Kunststoff	glänzt, glatt, formstabil

**A6**

Trinkflasche	Argumente für den Einsatz	Argumente gegen den Einsatz
aus Kunststoff	leicht, zerbricht nicht beim Herunterfallen	Grundstoff meist aus Erdöl, Vorräte begrenzt, in manchen Untersuchungen haben sich Weichmacher in den Getränken nachweisen lassen
aus Glas	durchsichtig, geschmacksneutral, leicht zu säubern, bewährte Recyclingsysteme	schwer, zerbricht beim Herunterfallen
aus Aluminium	leicht, lichtundurchlässig, rostet nicht, gut recycelbar	hoher Verbrauch elektrischer Energie zur Herstellung
aus Weißblech	leicht, magnetisch, können dadurch aus dem Müll leicht aussortiert werden und damit gut recycelbar	rostet bei Beschädigung

**A7** Fahrradrahmen aus Stahl: stabil und robust, große Festigkeit, kostengünstig  
 Fahrradrahmen aus Aluminium: leicht, rostet nicht, meist dickere Rohre als bei einem Stahlrahmen.  
 Fahrradrahmen aus Titan: leicht, unempfindlich gegen Kratzer, sehr teuer.  
 Es kommt auf den Zweck an, für den man ein Fahrrad kauft. Für ein Tourenrad, das auch gelegentlich viel Gepäck aufnehmen soll, empfiehlt sich ein Stahlrahmen.

**A8**

**a)** Bekannte Stoffe, die bei Zimmertemperatur (20 °C) und Normdruck (1013 hPa)

- fest sind: Zucker, Salz, Mehl
- flüssig sind: Wasser, Alkohol, Essig, Cola
- gasförmig sind: Kohlenstoffdioxid, Sauerstoff, Helium

**b)** Der Aggregatzustand eines Stoffes hängt von der Temperatur und dem Druck ab. Das Feuerzeug wird unter dem Druck bei Zimmertemperatur flüssig.

**Hinweis:**

Es gibt Gasfeuerzeuge, die fast nur Isobutan mit sehr geringen Anteilen weiterer Kohlenwasserstoffe enthalten, und Gasfeuerzeuge, die im Wesentlichen ein Gemisch aus Butan, Isobutan und Propan enthalten.

**A9** Das feste Wachs schmilzt, steigt im Docht auf und verdampft. Das gasförmige Wachs verbrennt.

**A10** Beim Schwitzen gibt der Körper Schweiß ab, eine wässrige Lösung. Das Wasser des Schweißes verdunstet, geht also vom flüssigen in den gasförmigen Zustand über. Dazu muss das Wasser Wärmeenergie, die Verdunstungswärme, aufnehmen. Diese Wärmeenergie wird der Umgebung, dem Körper, entzogen.

**A11** Schülerinnen und Schüler wissen aus Erfahrung, dass viele Stoffe einen Geruch verbreiten („riechen“), wenn sie offen an der Luft stehen. Es ist nicht unbedingt zu erwarten, dass dieses Phänomen auf der Basis von Diffusion und Teilchenmodell gedeutet wird. Aus persönlicher Erfahrung wissen viele Schülerinnen und Schüler, dass beim Schälen von prall gefüllten, frischen Orangen winzige Tröpfchen umherspritzen, die einen Aromastoff enthalten. Sie verteilen sich in der Umgebung. Gestützt wird diese Deutung durch das beliebte Spiel, bei dem Apfelsinenschalen vor einer brennenden Kerze ausgedrückt werden. Flammenspuren und Geruchswahrnehmung zeigen, dass winzige Tröpfchen eines duftenden, brennbaren Stoffes hervorspritzen.

**A12** Das Stück Würfelzucker auf dem Boden des Becherglases löst sich allmählich. Die Zuckerteilchen wandern in die Lücken zwischen den Wasserteilchen, zunächst in der Umgebung des Würfelzuckerstückes. Nach und nach wandern die Zuckerteilchen weiter, bis sie gleichmäßig im Wasser verteilt sind.

## B1 Unterscheidung von Stoffen (S.22/23)

### Zu den Versuchen

**V1** Man sollte darauf achten, dass Form und Stoffeigenschaften unterschieden werden. Diese Unterscheidung kann gut im nachfolgenden Unterrichtsgespräch erfolgen.

**V2** In [B5] sind Batterien als Stromquelle dargestellt. Der Vorteil gegenüber einem Netzgerät ist, dass die Spannung feststehend klein ist und das Glühlämpchen bei passender Wahl nicht durchbrennt.

Benutzt man ein Netzgerät, so besteht die Gefahr, dass Schülerinnen oder Schüler die Spannung erhöhen, wenn bei einem Experiment das Lämpchen nicht aufleuchtet. Bei einem Folgeexperiment mit einem leitfähigen Stoff brennt das Lämpchen dann durch. Ein Nachteil beim Einsatz einer Batterie besteht natürlich darin, dass die Batterien im Laufe der Zeit entladen werden und vor dem Einsatz geprüft werden müssen.

**V3** Als Hilfsmittel eignen sich Magnete, wie sie bei Schrankmöbeln als Türmagnete Verwendung finden. Sie sind recht stark und ziehen auch schwach magnetisierbare Gegenstände an.

### Zu den Aufgaben

**A1** Wörter, die den Begriff „Stoff“ enthalten, sind z. B. Sauerstoff, Feststoff, Wollstoff, Nährstoff, Rohstoff, Ballaststoff ...

**A2** Als gemeinsame Eigenschaften von Metallen können genannt werden: Oberflächenglanz (evtl. erst nach Bearbeitung der Oberfläche), elektrische Leitfähigkeit (Ausnahme Graphit), Verformbarkeit.


**A3** Dass Kupfer härter ist als Kerzenwachs oder Ton, kann z. B. mit dem Fingernagel oder mit einem Ritzversuch festgestellt werden. Um es gegen Stoffe der Härtestufe „hart“ abzugrenzen, werden Ritzversuche z. B. mit einem Stück eines Ziegelsteines vorgenommen.

## B2 Ein Experiment planen (S.24)

### Zur Aufgabe

**A1**

1. Frage/Thema des Versuchs	Welcher Unterschied besteht zwischen Mineralwasser und destilliertem Wasser?
2. Informationen sammeln	Mineralwasser enthält gelöste Mineralien und eventuell Kohlensäure. Destilliertes Wasser wird z. B. im Labor hergestellt und enthält keine gelösten Stoffe.
3. Experiment auswählen	Beim Eindampfen von Mineralwasser müssten Stoffe zurückbleiben, beim Eindampfen von destilliertem Wasser sollten keine Stoffe zurückbleiben.
4. Materialliste erstellen	Gasbrenner, Dreifuß, Keramik-Drahtnetz, 2 Porzellanschalen, Mineralwasser, destilliertes Wasser

5. Versuchsskizze anfertigen	
6. Schutzmaßnahmen	Es muss eine Schutzbrille getragen werden. Es besteht die Gefahr durch Verbrennungen durch die Brennerflamme, die heiße Porzellanschale und den heißen Dreifuß. Die Porzellanschale darf erst nach dem Abkühlen angefasst werden.
7. Versuchsprotokoll vorbereiten	In das Versuchsprotokoll können bereits vor der Versuchsdurchführung das Thema des Versuchs, die Materialien, die Sicherheitsmaßnahmen und die Versuchsskizze aufgenommen werden. Eine Versuchsanleitung wird erarbeitet oder von der Lehrkraft vorgegeben. Die Beobachtungen und die Auswertung werden nach der Versuchsdurchführung ausgefüllt.
	Die Entsorgung wird von der Lehrkraft vorgegeben.

## B4 Fest, flüssig und gasförmig (S.26/27)

### Zu den Aufgaben

**A1** Im Nebel liegt Wasser in kleinen Flüssigkeitströpfchen in der Luft verteilt vor. Im Raureif und im Graupel ist Wasser fest.

**A2** In einer brennenden Kerze liegt das flüssige Wachs oberhalb seiner Schmelztemperatur vor. Wenn es von der brennenden Kerze tropft, kühlt sich das Wachs unter seine Schmelztemperatur ab und erstarrt.

**A3** Käse und Wurst enthalten Wasser. Besonders leicht trocknet geschnittene Wurst aus. Über die große Oberfläche der Scheiben kann besonders leicht Wasser verdunsten.

**A4** Beim Verfahren der Gefriertrocknung erfolgt die Abtrennung des gefrorenen Wassers in Vakuumbehältern. In diesen sublimiert das Wasser unter stark vermindertem Druck.

#### Zusatzinformationen

Es ist sehr ratsam hier den Begriff „Dampf“ aufzuklären. Im Alltag wird der Begriff für verschiedene Aggregatzustände des Wassers gebraucht, manchmal ist gasförmiges, ein andermal flüssiges Wasser gemeint.

Allgemein bezeichnet „Dampf“ die gasförmige Phase eines Stoffes, welche im thermodynamischen Gleichgewicht mit seiner flüssigen oder festen Phase steht. Dampf entsteht also durch Verdampfen einer Flüssigkeit oder durch Sublimation eines Feststoffes.

Was man im Alltag meist als „Wasserdampf“ über kochendem Wasser bezeichnet, ist bei klarer Begrifflichkeit als „Nebel“ zu bezeichnen, d.h. fein verteilte, kondensierte Wassertröpfchen in der Luft.

## Zum Versuch

**V1** Das Iod darf nicht in die Umgebung gelangen. Die Gefahrenmerkmale werden heute viel höher als in der Vergangenheit eingeschätzt: H312+H332: Gesundheitsschädlich bei Hautkontakt oder bei Einatmen.  
H315: Verursacht Hautreizungen. H319: Verursacht schwere Augenreizung. H335: Kann die Atemwege reizen. H372: Schädigt die Organe (Betroffene Organe: Schilddrüse Expositionsweg: Oral) bei längerer oder wiederholter Exposition. Es muss deshalb ein Erlenmeyerkolben eingesetzt werden. Bei Verwendung eines Becherglases mit Ausguss gelangt Ioddampf in die Umgebung.

## B5 Modelle im Alltag und in der Chemie (S.28)

### Zu den Aufgaben

**A1** Eine Schaufensterpuppe ist eine meist lebensgroße Figur aus Kunststoff oder Holz, die zur Werbung für Kleidung, Schuhe oder Accessoires in Schaufenster gestellt wird. Eine Schneiderpuppe oder Schneiderbüste ist ein lebensgroßes, menschenähnliches Modell, das es Schneiderinnen und Schneidern ermöglicht, Kleidung auf Maß herzustellen. Bei der Puppe handelt es sich meist um einen extremitätenfreien Torso, bei dem Kleidungsstücke unkompliziert an- und ausgezogen werden können.

Modellautos, Modelleisenbahnen oder Puppenhäuser stellen maßstabsgetreue Verkleinerungen von Realobjekten dar, die zum Spielen und Sammeln anregen oder genutzt werden. Die äußere Gestalt des Modells stimmt in der Regel mit dem Realobjekt überein. Die Modelle werden aber aus anderen Materialien gefertigt. Modellautos haben z. B. keinen Verbrennungsmotor. Ein Automodell als Funktionsmodell muss beispielsweise die Form des zu entwickelnden Autos genau wiedergeben. Das Modell muss die gleichen Rundungen und Kanten des Realobjekts aufweisen. Das Modell benötigt keinen Motor, kein Getriebe, keine Bremsen, keine Innenausstattung usw.

**A2** Für Experimente im Windkanal ist nur die Form des Modells von Bedeutung, die mit dem Original übereinstimmen muss.

Übereinstimmende Eigenschaften	Unterschiedliche Eigenschaften
Äußere Form	Baumaterial
Lackierung	Innere Ausstattung
	Fehlender Motor

**A3** Vom Gegenstand in der Schachtel wird eine Vorstellung entwickelt. Da die Schachtel nicht geöffnet werden darf, können die Eigenschaften des Gegenstandes nur durch Handlungen (Drehen, Schütteln, Horchen, Riechen, Wiegen usw.) erschlossen werden. In der Gruppe werden die gefundenen Eigenschaften notiert. Meist machen sich die Schülerinnen und Schüler sehr rasch eine Vorstellung vom Inhalt des Kartons und versuchen den Gegenstand zu benennen. Je mehr Informationen über den Gegenstand gesammelt werden, umso genauer kann das Bild in der Vorstellung werden.

**A4** Ein Modell ist nie ein vollständiges Abbild der Wirklichkeit. Die Teile, deren Funktionen man erläutern will, müssen in dem Modell enthalten sein. Sonst ist das Modell nicht geeignet. Mit einem Holzauto kann man zwar die Rollbewegung eines Autos zeigen, aber nicht die Lenkung erklären. (In der Chemie kann man mit einem einfachen Teilchenmodell zwar die Aggregatzustände verdeutlichen, aber z. B. nicht das Auftreten von elektrischen Ladungen.)

## B6 Das Teilchenmodell (S.29)

### Zum Versuch

**V1** Individuelle Schülerlösung.  
Erklärung: Selbst bei Fehlen einer spürbaren Luftbewegung können sich Parfümteilchen, die den Flüssigkeitsverband auch unterhalb der Siedetemperatur verlassen haben (Verdunstung), durch die Brown'sche Molekularbewegung im Rohr verteilen.

### Zusatzversuch

Brown'sche Teilchenbewegung

Ein Tropfen einer stark mit Wasser verdünnten Tuschesuspension wird unter dem Mikroskop mit etwa 400- bis 500-facher Vergrößerung betrachtet. Man muss hierbei erläutern, dass die so sichtbaren Tuschepartikel keineswegs diejenigen kleinsten Teilchen sind, von denen das Teilchenmodell handelt. Vielmehr sind die kleinsten Teilchen mit dem Mikroskop nicht sichtbar und machen sich und

ihre eigene Bewegung dadurch bemerkbar, dass die viel größeren Tuschepartikel von den kleinsten Teilchen angestoßen und hin- und hergeschubst werden.  
Auch bei Betrachtung biologischer Objekte, z. B. Pflanzenzellen, unter dem Mikroskop lässt sich die BROWN'SCHE Bewegung beobachten.

Eine historisch und experimentell ausgerichtete Darstellung findet man in:  
Friedrich, J. et al.: Die Brown'sche Bewegung, Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht **60** (2007), 415.

### Zu den Aufgaben

**A1** Die Zuckerteilchen lösen sich an der Oberfläche des Zuckerkristalls und verteilen sich durch die Bewegung der Teilchen im Wasser. Da die Zuckerkristalle in sehr kleine Teilchen zerfallen, kann man den Zucker nach dem Auflösen nicht mehr sehen.

**A2** Helium-Teilchen diffundieren durch die Poren der Hülle. Mit zunehmender Volumenverringung werden Poren der Hülle des Ballons kleiner. Damit können weniger Helium-Teilchen durch die Hülle treten. Nach einiger Zeit bleibt das Volumen relativ konstant.

### Zum Begriff der kleinsten Teilchen

In diesem Kapitel wird das Teilchenmodell und mit ihm der Begriff der kleinsten Teilchen eingeführt. Dieser Ausdruck wird mitunter kritisiert, weil die hier angesprochenen Teilchen nicht wirklich die kleinsten sind und deswegen der Superlativ nicht angemessen sei. Die Elementarteilchen, aus denen Atome aufgebaut sind, sind wesentlich kleiner. Ob die bisher bekannten Elementarteilchen, z. B. Quarks und Gluonen, die kleinsten sind, sei dahingestellt.

Mit den Teilchen, von denen in diesem Kapitel die Rede ist, sind nicht die kleinsten gemeint, die es überhaupt gibt, sondern es sind die **kleinsten untereinander gleichen Teilchen**, aus denen sich ein Stoff aufbauen lässt. Verschiedene Stoffe sind aus unterschiedlichen, aber einander gleichen Teilchen aufgebaut. Die Bedingung der Gleichheit der Teilchen eines Stoffes muss hier besonders betont werden.

*Elementare Stoffe:* Die kleinsten gleichen Teilchen eines elementaren Stoffes sind Atome. Sie sind zwar wiederum aus Elementarteilchen aufgebaut, diese aber (Elektronen, Neutronen, Protonen) erfüllen die Bedingung der Gleichheit nicht.

*Molekulare Stoffe:* Als Beispiel soll das Wasser herangezogen werden. Die kleinsten gleichen Teilchen, aus denen der Stoff Wasser aufgebaut ist, sind Wasser-Moleküle. Wasserstoff- und Sauerstoff-Atome sind unterschiedlich. Sie sind also nicht die kleinsten gleichen Teilchen des Stoffes Wasser.

*Salze:* Die kleinsten gleichen Teilchen, aus denen man sich Salzkristalle aufgebaut denken kann, sind Elementargruppen. Sie sind die kleinsten gleichen Baueinheiten von Salzen.

## B7 Teilchenmodell und Aggregatzustand (S. 30/31)

Nachdem im Kapitel B.6 das Teilchenmodell aus der Diffusion abgeleitet worden ist, werden in diesem Kapitel die Anziehungskräfte zwischen den kleinsten Teilchen behandelt. Man sollte deutlich machen, dass das Kraftfeld eines Teilchens unabhängig von anderen Teilchen gedacht werden kann. Die Anziehungskraft zwischen je zwei Teilchen hängt stark von deren Entfernung ab und wird mit zunehmender Entfernung der Teilchen voneinander geringer.

Außerdem können die Anziehungskräfte zwischen den Teilchen bei höherer Geschwindigkeit der Teilchen überwunden werden in einem Sinne, der weiter unter näher erläutert wird.

Im Unterricht kann gelegentlich von Schülerinnen/Schülern die folgende Frage gestellt werden: Ein Teilchen, das aufgrund seiner hohen Geschwindigkeit aus der flüssigen Phase austritt und sich dann in der Gasphase befindet, müsste doch im Durchschnitt eine höhere Geschwindigkeit haben als die zurückgebliebenen Teilchen der flüssigen Phase. Müsste das Gas nicht folglich eine höhere Temperatur als die Flüssigkeit haben?

Indem das Teilchen gegen die Anziehungskräfte der anderen den Teilchenverband verlässt, wird ein Teil der kinetischen Energie des Teilchens aufgezehrt. Stattdessen gewinnt es an potentieller Energie. Im thermischen Gleichgewicht unterscheiden sich Teilchen der flüssigen und der gasförmigen Phase nicht in ihrer mittleren kinetischen, sondern in der potentiellen Energie. Gas und Flüssigkeit haben die gleiche Temperatur.

Diese Überlegung gilt in entsprechender Form auch für andere Phasenübergänge.

Die folgende Überlegung kann das veranschaulichen: Ein Stein, der gegen die Anziehungskraft der Erde hochgeworfen wird, verliert ständig an kinetischer und gewinnt an potentieller Energie. Bei einer bestimmten Höhe ist die kinetische Energie vollständig aufgezehrt und der Stein fällt zur Erde zurück. Dabei wiederum nimmt seine potentielle Energie ab und die kinetische zu.

Würde dem Stein eine so hohe Anfangsgeschwindigkeit gegeben, dass er genügend Energie hat, um das Gravitationsfeld der Erde zu überwinden, so würde er sich mit der Restenergie, die ihm trotz seines Aufstiegs verblieben ist, den Weltraum durchwandern.

Der obige Zusammenhang erklärt auch, warum während des Siedens oder Schmelzens die Temperatur konstant bleibt: Die zugeführte Wärme wird aufgewendet, um die potentielle Energie der Teilchen zu erhöhen. Ihre kinetische Energie und damit die Temperatur des Stoffes werden nicht verändert. Eis und Wasser von je 0 °C unterscheiden sich nicht in der kinetischen, sondern in der potentiellen Energie der Moleküle.

Für Schülerinnen und Schüler ist allerdings irritierend, dass im Schmelzexperiment die Temperatur doch nicht konstant bleibt. Das liegt daran, dass zu viel Wärme in kurzer Zeit zugeführt wird, die neben dem Schmelzprozess auch die Erwärmung der schon entstandenen Flüssigkeit bewirkt.

### Zu den Aufgaben

**A1** Feststoff: große Anziehung, sehr kleiner Abstand

Flüssigkeit: geringe Anziehung, kleiner Abstand

Gas: fast keine Anziehung, großer Abstand

**A2** Wird Wasser erhitzt, so bewegen sich die Teilchen des Wassers schneller. Die Abstände zwischen den Wasserteilchen werden größer, sodass die Anziehungskräfte schließlich kaum noch wirksam sind. Wenn der Stoff verdampft, verteilen sich die Teilchen in der Umgebung und haben großen Abstand zueinander.

**A3** Beim Abkühlen unter die Schmelztemperatur wird die Bewegung der Teilchen geringer. Sie rücken näher aneinander und ordnen sich regelmäßig an. Diese regelmäßige Anordnung führt zur Ausbildung von Kristallen.

**A4** Wenn festes Metall flüssig wird, geraten die Teilchen in so schnelle Bewegungen, dass sie ihre Plätze verlassen können. Das flüssige Metall kann dann jede Form annehmen. Beim Abkühlen unter die Schmelztemperatur wird die Bewegung der Teilchen wieder geringer. Sie rücken näher zusammen und ordnen sich regelmäßig an. Das Metall erstarrt in der neuen Form.

**A5** Je größer die Anziehungskräfte zwischen den Teilchen eines Feststoffes sind, umso geringer sind die Abstände zwischen den Teilchen. Dadurch lassen sich die Teilchen schwerer gegeneinander verschieben, und der Feststoff ist härter.

**A6** Gasförmiges Wasser wird ohne Beteiligung des flüssigen Zustands zu Eis. In feuchter Luft sind die Teilchen des Wassers mit denen der Luft vermischt. Beim Abkühlen verringern sich die Teilchenabstände, der leere Raum zwischen ihnen wird kleiner. Die Anziehungskräfte werden größer. Bei einer Temperatur unter 0 °C entstehen durch Resublimation kleine Kristalle, die unter Anlagerung weiterer Wasserteilchen zu sichtbaren Kristallen heranwachsen.

## B8 Energie und Änderung des Aggregatzustandes (S.32/33)

Die Erläuterungen im Informationsteil können einerseits zur Erklärung für die Siede- und Schmelzdiagramme aus Kapitel B.8 verwendet werden, sie dienen andererseits auch als Grundlage für die Arbeit in den einzelnen Gruppen.

### Gruppe 1: Frieren und Schwitzen

Beim Verdunsten von Wasser nimmt dieses thermische Energie aus der Umgebung (Haut) auf. Dies führt einerseits zum Frieren bei nassem Körper in Luft mit geringem Wasserdampfgehalt, besonders wenn der entstehende Wasserdampf durch Wind schnell von der Oberfläche entfernt wird. Andererseits dient dieser Vorgang der Kühlung des Körpers bei hohen Temperaturen durch Schwitzen.

### Gruppe 2: Frostschutz

Durch das Versprühen von Wasser wird der Wasserdampfgehalt der Luft erhöht. Bei sinkender Temperatur kondensiert das Wasser, wodurch Kondensationswärme frei wird. Dadurch wird das nächtliche Absinken der Temperatur „gebremst“. Beim Gefrieren des Wassers auf der Pflanzenoberfläche wird Erstarrungsenergie frei. Dies bewirkt, dass die Temperatur zunächst nicht unter die Gefriertemperatur absinkt.

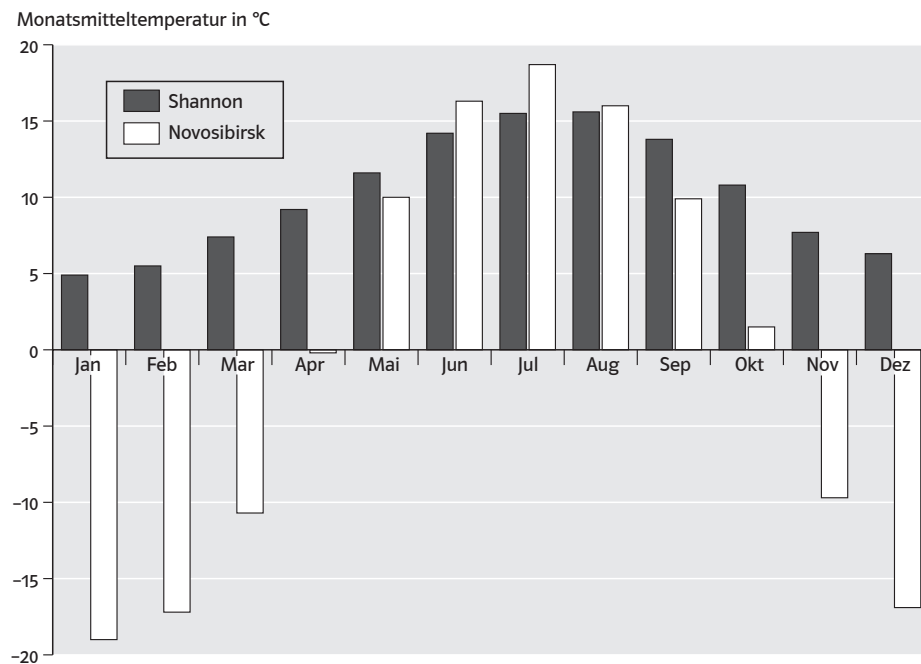
### Gruppe 3: Polareis

Das Schmelzen von Eis und das Gefrieren von Wasser sind mit der Aufnahme bzw. Abgabe thermischer Energie (Schmelzenergie bzw. Erstarrungsenergie) verbunden. Dadurch wird im Sommer thermische Energie der Umgebung (Wasser und Atmosphäre) entzogen, im Winter wird entsprechend thermische Energie frei. Ohne diese Vorgänge wären die Temperaturschwankungen zwischen Sommer und Winter (auf der jeweiligen Erdhalbkugel) sehr viel größer.

### Gruppe 4: Neblig und sternenklar

Aus dem Gehalt an Wasserdampf in der Luft lässt sich die Temperatur ermitteln, bei der (beim Absinken der Lufttemperatur) das Wasser zu kondensieren beginnt („Taupunkt“). Da bei der Kondensation thermische Energie frei wird, sinkt die Temperatur zunächst nicht unter den Taupunkt ab.

### Gruppe 5: Klima



Der Jahresverlauf der Monatsmitteltemperatur in Novosibirsk ist im Gegensatz zu Shannon geprägt von höheren Extremwerten im Sommer und Winter („kontinentales Klima“). Der Temperaturverlauf in Shannon zeigt eine wesentlich geringere jahreszeitliche Schwankung („ozeanisches Klima“). Durch den höheren Wasserdampfgehalt der Luft in Meeresnähe fällt durch Kondensation von Wasserdampf bzw. durch Verdunsten von flüssigem Wasser auf großen Wasseroberflächen und der damit frei werdenden bzw. der Umgebung entzogenen thermischen Energie die jährliche Temperaturschwankung geringer aus. Ein entsprechender Effekt ist auch kleinräumig in der Nähe großer Binnenwasserflächen zu beobachten („Bodenseeklima“).

### Zum Versuch

**V1** Wasser hat eine Schmelztemperatur und Erstarrungstemperatur von 0 °C. Man muss also das flüssige Wasser in eine Kältemischung stellen, das eine tiefere Temperatur als 0 °C hat. Mit einem Gemisch aus 100 g Eis und ca. 33 g Natriumchlorid erreicht man eine Temperatur von etwa -20 °C.

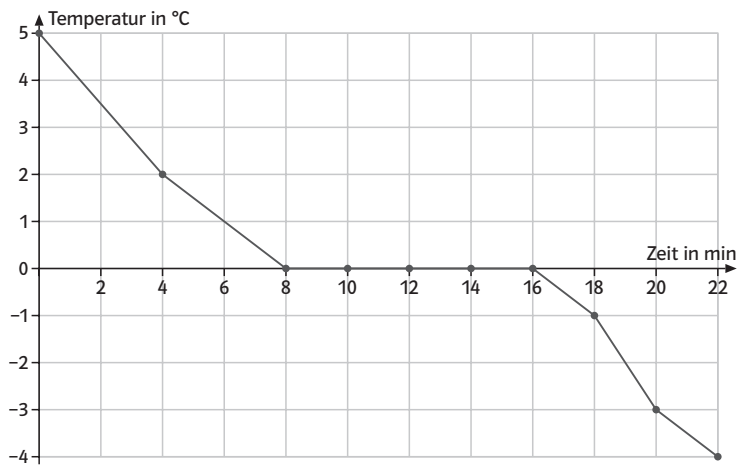
#### Durchführung:

Ein dünnwandiges Reagenzglas füllt man zu etwa einem Fünftel mit destilliertem Wasser. In das Reagenzglas stellt man ein geeignetes Thermometer oder den Messfühler eines Temperaturmessgerätes. Anschließend stellt man das Reagenzglas in die Kältemischung, die sich in einem Kunststoffbecher oder Becherglas befindet. Nun verfolgt man die Temperatur in Abhängigkeit von der Zeit und rührt vorsichtig den Inhalt des Reagenzglases mit dem Thermometer oder dem Temperaturfühler. (Mit vorgekühltem Wasser von z. B. 5 °C verkürzt sich das Erreichen des Erstarrens des Wassers deutlich.)



**Beobachtung:**

Die Temperatur sinkt langsam. Das Wasser gefriert vom Rand des Reagenzglases aus. Die Temperatur verharrt längere Zeit bei 0 °C und sinkt dann noch ein wenig unter 0 °C. Die Erstarrungstemperatur beträgt 0 °C (der Temperaturverlauf in Abhängigkeit von der Zeit hängt von der Versuchsanordnung ab).

**Zur Aufgabe**

**A1** Natürlich ist die kühlende Wirkung von Schnee auf dessen niedrige Temperatur zurückzuführen. Seine kühlende Wirkung ist jedoch länger anhaltend und effektiver als die von anderen gleich kalten Objekten. Dies liegt daran, dass Schnee trotz ständiger Wärmeaufnahme aus der Umgebung („Kühlen der Umgebung“) nicht wärmer als 0 °C wird. Zum Schmelzen muss ständig Wärme, die Schmelzwärme, zugeführt werden. Erst wenn der Schnee geschmolzen ist, findet beim flüssigen Wasser bei Wärmezufuhr eine Temperaturerhöhung statt.

**B9 Da löst sich was (S. 34)****Zum Versuch****V1**

**a) und b)** Im kalten Wasser bilden sich langsam rote Schlieren. Im heißen Wasser ist nach kurzer Zeit die gesamte Flüssigkeit rot gefärbt. Das heiße Wasser löst also schneller Stoffe aus dem Früchtetee.

**Hinweis:**

Bei diesem Versuch sollte deutlich darauf hingewiesen werden, dass eine Geschmacksprobe im naturwissenschaftlichen Unterricht eine Ausnahme darstellt.

**Aufgabenlösungen:**

1. Im heißen Wasser lösen sich Stoffe schneller. Die Reihenfolge der sich lösenden Stoffe ist von der Zusammensetzung des Früchtetees abhängig.
2. Die warme Lösung schmeckt viel intensiver als die kalte. Neben den sichtbaren Farbstoffen haben sich auch nicht sichtbare Geschmacksstoffe des Tees im Wasser gelöst.

**V2**

**a) bis e)** Bei 20 °C lösen sich in 10 ml Wasser 3,6 g Kochsalz. Da in diesem Versuch die Löslichkeit erst bei bereits vorhandenem Bodensatz bestimmt wird, liegt der ermittelte Wert für die Löslichkeit etwas über dem tatsächlichen Wert. Die Temperaturabhängigkeit der Löslichkeit wird an dieser Stelle nicht thematisiert.

**Hinweis:**

Um zu verdeutlichen, dass die Löslichkeit eine charakteristische Stoffeigenschaft ist, kann dieser Versuch auch mit Zucker wiederholt werden. Bei 20 °C lösen sich 20,4 g Zucker in 10 ml Wasser.

**Aufgabenlösungen:**

1. In 10 ml Wasser haben sich etwa 3,6 g Kochsalz gelöst.
2. In 100 ml Wasser sind etwa 36 g Kochsalz löslich.

### Zur Aufgabe

**A1** Tee ist ein Gemisch aus unterschiedlichen Stoffen. Die Zusammensetzung des Tees bestimmt seine Löslichkeit. Da die Zusammensetzung von Tee variiert, ist seine Löslichkeit nicht exakt zu bestimmen. Kochsalz hingegen ist ein Reinstoff. Stoffeigenschaften wie die Löslichkeit können nur bei Reinstoffen durch Messung bestimmt werden.

## B10 Die Löslichkeit (S.35)

### Zu den Aufgaben

**A1** Im Text sind Wasser und Reinigungsbenzin als Beispiele für Lösungsmittel genannt.

**A2** Folgende Stoffe sind  
sehr gut wasserlöslich: Zucker  
gut wasserlöslich: Kochsalz, Soda  
schlecht wasserlöslich: Gips, Kalk

**A3** 3,5 g Salz in 100 g Meerwasser ergeben einen Massenanteil des Salzes  $w = 3,5\%$ .

**A4** Die Löslichkeit von Alkohol in Wasser gibt an, wie viel Gramm Alkohol sich in 100 g Wasser lösen. Diese Angabe ist nicht möglich, da Alkohol sich unbegrenzt in Wasser löst.

## B11 Saure und alkalische Lösungen (S.36/37)

Die phänomenologische Einführung der sauren und alkalischen Lösungen an dieser Stelle hat einige Vorteile. So kann man schon auf Fragen der Schüler/-innen zur Bildung des sauren Regens bei der Luftverschmutzung eingehen, die Kenntnisse zu den Indikatoren können auf Lösungen aus Oxiden und Wasser angewendet werden. Auch für die spätere Behandlung der „Alkalimetalle“ sowie der Thematik „Saure und alkalische Lösungen – Protonen-Übertragungsreaktionen“ werden hier Grundkenntnisse erworben. Es ist weiter möglich, sowohl den pH-Wert als auch die Neutralisation propädeutisch einzuführen. Es lassen sich mehrere schöne Schülerversuche durchführen.

### Zu den Versuchen

**V1** Rotkohlsaft ist ein Indikator, der nicht nur zwei Farben zeigt. Die Farbskala für Rotkohl als Indikator:

pH-Wert	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Farbe	weinrot		rosa		violett		blauviolett		grün			gelb		

Auswertung:

Prüflösung	Eigenschaft der Lösung		
	sauer	neutral	alkalisch
Speiseessig	X		
Entkalker	X		
Essigreiniger	X		
Neutralreiniger		X	
Zucker		X	
Speisesalz		X	
Kern-/Schmierseife			X
Haushaltsnatron			X
Soda			X

**V2** Wird zu schwarzem Tee Zitronensaft gegeben, dann hellt sich der Tee auf [B1]. Dies könnte daran liegen, dass der Tee durch den Zitronensaft verdünnt wird. Es könnte aber auch ein Indikatorfarbstoff im Tee enthalten sein.

**V3** Bromthymolblau-Lösung zeigt mit den Farben Gelb, Grün und Blau an, ob die zu testende Lösung sauer, neutral oder alkalisch ist.

Auswertung:

Prüflösung	Eigenschaft der Lösung		
	sauer	neutral	alkalisch
Essig	X		
Citronensäure	X		
Zucker		X	
Speisesalz		X	
Haushaltsnatron			X
Kernseife			X

**V4** Beim Lösen von Essig und Citronensäure haben sich saure Lösungen gebildet. Beim Lösen von Haushaltsnatron und Kernseife erhält man alkalische Lösungen. Durch Mischen einer sauren mit einer alkalischen Lösung kann man eine neutrale Lösung herstellen. Man kann also die folgenden Kombinationen einsetzen, um eine neutrale Lösung herzustellen:

- Essig-Lösung mit einer Lösung des Haushaltsnatrons,
- Essig-Lösung mit einer Lösung der Kernseife,
- Citronensäure-Lösung mit einer Lösung des Haushaltsnatrons,
- Citronensäure-Lösung mit einer Lösung der Kernseife.

**Durchführung:**

Zu der sauren und der alkalischen Lösung in jeweils einem kleinen Becherglas oder einem Reagenzglas gibt man einen Indikator; gut geeignet sind hier Bromthymolblau oder die Lösung eines Universalindikators. Anschließend tropft man die alkalische Lösung zu der sauren Lösung oder die saure Lösung zu der alkalischen Lösung. Nach jeder Zugabe muss geschüttelt werden. Das Zutropfen ist beendet, wenn sich die Farbe des Indikators für die neutralisierte Lösung zeigt. Wird die Lösung des Haushaltsnatrons eingesetzt, so ist beim Zusammengeben mit der sauren Lösung auch eine Gasentwicklung zu beobachten.

**V5** Der Rotkohlsaft ergibt mit Natriumcarbonat-Lösung eine grüne oder gelbe Färbung, es liegt eine alkalische Lösung vor. Mit Essigsäure-Lösung tritt eine rote oder rosa Färbung auf, es handelt sich um eine saure Lösung. Lässt man die Essigsäure-Lösung vorsichtig zur Natriumcarbonat-Lösung fließen, so wird diese überschichtet. Im Grenzbereich zwischen den Lösungen zeigt der Indikator eine grün-blaue Färbung und damit eine nahezu neutrale Lösung an.

**V6** Es ist ein pH-Bereich von 5 bis 6 zu erkennen.

**Zu den Aufgaben**

**A1** Farbstoffe, die in sauren, neutralen oder alkalischen Lösungen unterschiedliche Farben zeigen, heißen Indikatoren.

**A2** Man benötigt dazu eine alkalische Lösung, wie z. B. die Lösung von Haushaltsnatron, und einen Indikator, z. B. Universalindikator. Es wird so lange alkalische Lösung durch langsames Zutropfen mit dem Essig vermischt, bis der Universalindikator schwach grün erscheint, dann ist die Lösung neutral.

**A3** Bei pH = 7 bis 8 gedeihen Erdbeerpflanzen am besten (siehe [B5]), Heidelbeerpflanzen benötigen sauren Boden mit pH = 4 bis 5. Daher gedeihen sie im gleichen Boden wie Erdbeerpflanzen nicht optimal.

## B12 Die Dichte (S.38)

### Zu den Aufgaben

**A1** Dichte = Masse/Volumen;  $\rho = m/V$

**A2** Das Metall Aluminium hat die Dichte  $\rho = 2,70 \text{ g/cm}^3$ .

**A3** Die Masse des Holzwürfels wird mit der Waage ermittelt. Das Volumen des Holzwürfels mit der Kantenlänge  $l$  ist  $V = l^3$ . Man ermittelt die Kantenlänge des Würfels z. B. mit einem Geodreieck und berechnet dann das Volumen. Die Dichte des Holzes ergibt sich dann als  $\rho(\text{Holz}) = m(\text{Holzwürfel})/V(\text{Holzwürfel})$ .

## B13 Wir bestimmen die Dichte (S.39)

### Zu den Versuchen

**V1**

a) ermittelte Masse des Kupferwürfels: 8,9 g  
Dichte<sub>Kupferwürfel</sub> =  $8,9 \text{ g}/1 \text{ cm}^3 = 8,9 \text{ g/cm}^3$

b) ermittelte Masse der Kupferstange: 53,4 g  
Dichte<sub>Kupferstange</sub> =  $53,4 \text{ g}/6 \text{ cm}^3 = 8,9 \text{ g/cm}^3$

c) Vergleicht man die berechneten Werte der Dichte für den Kupferwürfel und die Kupferstange, so stellt man fest, dass die Werte identisch sind. Daraus lässt sich die Schlussfolgerung ableiten, dass ein Stoff trotz unterschiedlicher Form immer die gleiche Dichte hat.

#### Aufgabenlösung:

a) Einige Schülerinnen und Schüler werden aufgrund der geringeren Masse der kleineren Marmorstücke falsch schlussfolgern, dass die kleineren Marmorstücke eine geringere Dichte besitzen. Die richtige Vermutung ist aber, dass die Dichte aller Marmorstücke gleich ist, da es sich um den gleichen Stoff handelt.

b) Mit der Waage wird jeweils die Masse eines großen und eines kleinen Marmorstücks bestimmt. Mithilfe der Wasserverdrängung wird jeweils das Volumen des großen und des kleinen Marmorstücks bestimmt. Anschließend wird für beide Marmorstücke die Dichte berechnet, indem die Masse durch das Volumen geteilt wird.

**V2** Die Berechnung der Dichte gleich großer Rohrstücke aus unterschiedlichen Stoffen wie Aluminium, Messing und Stahl ergibt, dass die Stoffe sich in ihrer Dichte unterscheiden.

#### Hinweis:

Rohre aus unterschiedlichen Materialien wie Aluminium, Messing und Stahl erhält man als Meterware im Baumarkt. Um bei der Methode der Wasserverdrängung im 50 ml Messzylinder ablesbare Werte zu erhalten, sollten die Rohrstücke möglichst 8 cm lang sein. Nach dem Zusägen der Rohrstücke müssen die Kanten entgratet werden (z. B. mit einer Feile), sonst besteht Verletzungsgefahr.

**V3** Berechnet man die Dichte des Wassers und des Isopropylalkohols, nachdem man zunächst die Masse von jeweils 10 ml Wasser bzw. 10 ml Isopropylalkohol bestimmt hat, so stellt man fest, dass Wasser mit  $1 \text{ g/cm}^3$  eine größere Dichte besitzt als Isopropylalkohol mit  $0,8 \text{ g/cm}^3$  (Literaturwert:  $0,78 \text{ g/cm}^3$ ).

#### Hinweis:

Als Weiterführung könnte hier auf die Anomalie des Wassers und damit die Abhängigkeit der Dichte von der Temperatur eingegangen werden: Wasser hat seine größte Dichte bei  $4 \text{ }^\circ\text{C}$ .

## B14 Wärmeleitfähigkeit und elektrische Leitfähigkeit (S.40)

### Zu den Versuchen

**V1** Der Metallstab ist deutlich heißer als der Kunststoffstab, der Holzstab und der Glasstab. Metalle haben eine bessere Wärmeleitfähigkeit als Kunststoff, Holz und Glas.

**V2** Wenn man in den Stromkreis zwischen die Krokodilklemmen das Eisenblech, das Kupferblech oder die Bleistiftmine klemmt, leuchtet die Glühlampe. Bei Holz, Kreide, Glas und Papier leuchtet sie nicht.

### Aufgabenlösung:

leitfähig	nicht leitfähig
Eisenblech	Holz
Stahl	Nägel
Kupferblech	Kreide
Bleistiftmine	Glas
	Papier

**V3** Mit der beschriebenen Versuchsanordnung leuchtet die Glühlampe bei der Salzlösung. Bei destilliertem Wasser und Zuckerlösung leuchtet sie nicht. Nur die Salzlösung ist also elektrisch leitfähig.

### Hinweis:

Weitere mögliche Test-Lösungen sind Brausepulver-Lösung (leitet), Citronensäure-Lösung (leitet) und Stärkelösung (leitet nicht).

## B15 Die Leitfähigkeit von Stoffen (S.41)

### Zu den Aufgaben

#### A1

elektrisch leitend	elektrisch nicht leitend
Kupfer	Holz
Eisen	viele Kunststoffe
Aluminium	Glas
Graphit	Papier

**A2** Die Wärme des Kochtopfes wird durch den Kunststoff nicht weitergeleitet. Dadurch sind die Hände vor Verbrennungen geschützt.

**A3** Bei einem Kochtopf wird die Wärme in die darin enthaltenen Speisen weitergeleitet; sie werden dadurch gar. Ein Heizkörper gibt die Wärme des ihn durchfließenden Wassers an die Raumluft ab. Ein Lötkolben erhitzt das an ihm befindliche Lötzin, um es zu verflüssigen.

**A4** Der Kupferdraht ist ein guter elektrischer Leiter. Der Kunststoff leitet den elektrischen Strom nicht, sondern isoliert die Leitungen.

**A5** Metalle sind gute Wärmeleiter. Wenn wir Metallgegenstände anfassen, wird die Wärme der Hand abgeführt. Die Handoberfläche wird kälter. Holz und Kunststoff sind schlechte Wärmeleiter. Weil die Wärme der Hand beim Anfassen nicht abgeleitet wird, spüren wir die warme Hautoberfläche.

**A6** Der Versuchsaufbau entspricht Bild 3 im Praktikum „Wärmeleitfähigkeit und elektrische Leitfähigkeit“ (S.40). Mineralwasser enthält im Gegensatz zu destilliertem Wasser Salze (Mineralien). Es ist also eine Salzlösung, die den elektrischen Strom leitet.

## B16 Den Steckbrief eines Stoffes erstellen (S.42)

### Zu den Aufgaben

#### A1

- a) Eigenschaften, die in einen Steckbrief aufgenommen werden können: Zustandsform, Farbe/Oberfläche, Kristallform, Geruch, Geschmack, Härte, Verformbarkeit, Schmelztemperatur, Siedetemperatur, Dichte, elektrische Leitfähigkeit, Löslichkeit, Magnetisierbarkeit, Verhalten beim Erhitzen, Brennbarkeit.
- b) Nur mit Hilfe von Messgeräten lassen sich Schmelztemperatur, Siedetemperatur, Dichte, elektrische Leitfähigkeit und Löslichkeit bestimmen.

**A2** Die Steckbriefe könnten wie folgt aussehen (Zusätzliche Zahlenangaben, die dem Buch nicht entnommen werden können, sind in eckige Klammern gesetzt):

Eigenschaft	Eisen	Kupfer	Kochsalz	Zucker
Zustandsform	fest	fest	fest	fest
Farbe/Oberfläche	grau			
glänzend	rot			
glänzend	farblos	farblos		
Härte	hart	weich	hart (kristallin)	hart (kristallin)
Verformbarkeit	gut	gut	spröde	spröde
Elektr. Leitfähigkeit	gut	gut	keine (wässrige Lösung und Schmelze: gut)	keine
Schmelztemperatur	1535 °C	1083 °C	800 °C	schmilzt unter Zersetzung [bei ca. 170 °C]
Siedetemperatur	2750 °C	2567 °C	1460 °C	entfällt
Dichte (bei 20 °C)	7,87 g/cm <sup>3</sup>	8,93 g/cm <sup>3</sup>	[2,20 g/cm <sup>3</sup> ]	[1,59 g/cm <sup>3</sup> ]
Löslichkeit in Wasser (bei 20 °C)	keine	keine	35,9 g/(100 g)	203,9 g/(100 g)
Verhalten beim Erhitzen	glüht, blauschwarzer Überzug	glüht, schwarzer Überzug	schmilzt bei 800 °C	beim Schmelzen Braunfärbung, Bildung von Karamell, bei weiterem Erhitzen Verkohlen unter Rauchentwicklung

### Zu den Versuchen

**V1** Es ist darauf zu achten, dass keine Schwefeldämpfe aus dem Reagenzglas austreten und sich entzünden. Das bei der Verbrennung entstehende Schwefeldioxid ist giftig beim Einatmen und verursacht schwere Verätzungen der Haut und schwere Augenschäden.

**V2** Bei der Verbrennung entsteht Schwefeldioxid. Dieses ist giftig beim Einatmen und verursacht schwere Verätzungen der Haut und schwere Augenschäden.

## B17 Stoffklassen (S.43)

### Zu den Aufgaben

**A1** Typische Metalleigenschaften von Titan und Gold sind glänzende Oberflächen, gute Verformbarkeit und gute elektrische Leitfähigkeit.

#### A2

Stoffgruppe	flüchtige Stoffe	salzartige Stoffe	Metalle
gemeinsame Eigenschaften	niedrige Schmelz- und Siedetemperatur; flüssig oder gasförmig (bei 20 °C); keine elektrische Leitfähigkeit	hart; spröde; Kristallbildung; hohe Schmelztemperatur; häufig wasserlöslich (unterschiedliche Löslichkeiten); elektrische Leitfähigkeit von Lösungen und Schmelze	Oberflächenglanz bei kompakten Stücken; verformbar, z. B. durch Hämmern, Biegen, Walzen; gute elektrische Leitfähigkeit; gute Wärmeleitfähigkeit.

Zucker hat mehrere gemeinsame Eigenschaften mit den salzartigen Stoffen (hart, spröde, Kristallbildung, wasserlöslich). Lösung und Schmelze sind nicht elektrisch leitend, deswegen gehört Zucker nicht zu dieser Stoffgruppe. Auch zu flüchtigen Stoffen und Metallen lässt Zucker sich nicht zuordnen.

**A3** Gold lässt sich als Metall am besten verformen. Glas ist spröde, Kandiszucker ist ein Kristall und zersplittert beim Versuch des Verformens. Diamant als Kristall ist das härteste Material; er lässt sich nur schleifen oder spalten.

#### A4

Stoff	Stoffklasse
Blei	Metalle
Benzin	flüchtige Stoffe
Sauerstoff	flüchtige Stoffe
Alaun	salzartige Stoffe
Marmor	salzartige Stoffe

## B18 Wichtige Metalle (S.44)

Die Auflistung von 9 wichtigen Metallen ist natürlich unvollständig. Es lassen sich noch mehrere Metalle nennen, die den Schülerinnen und Schülern aus ihrem Lebensumfeld als wichtig bekannt sind, z. B. Nickel, Zink, Zinn. Sie sind in Kap. B.19, B2, als Legierungsbestandteile aufgeführt.

### Zu den Aufgaben

**A1** Das Metall dieser Seite mit der höchsten Schmelztemperatur ist Chrom. Seine Schmelztemperatur beträgt 1857 °C. Das Metall dieser Seite mit der niedrigsten Schmelztemperatur ist Quecksilber. Seine Schmelztemperatur beträgt -39 °C.

**A2** Kupfer ist das Metall, das Patina bildet. Auf Kirchendächern und Hausverkleidungen kann man Patina als hellgrünen Belag des Kupfers sehen.

## B19 Stoffklasse der Metalle (S.45)

### Zu den Aufgaben

**A1** Metalle haben als kompakte Stücke einen typischen Oberflächenglanz. Metalle sind verformbar durch Hämmern, Biegen, Ziehen, Walzen. Sie leiten den elektrischen Strom. Sie zeigen gute Wärmeleitfähigkeit.

**A2** Reine Metalle sind für viele Verwendungszwecke zu leicht verformbar. Legierungen sind wesentlich härter.

**A3** Es können verschiedene Möglichkeiten genannt werden:

- a) Dichte:  $\rho$  (Messing)  $\approx 8,3$  bis  $8,5 \text{ g/cm}^3$ ;  $\rho$  (Gold) =  $19,32 \text{ g/cm}^3$   
Schülerinnen und Schülern vermuten, dass die Dichte des Messings zwischen der des Kupfers ( $\rho$  (Kupfer) =  $8,93 \text{ g/cm}^3$ ) und des Zinks ( $\rho$  (Zink) =  $7,14 \text{ g/cm}^3$ ) liegt, also deutlich niedriger ist als die Dichte des Goldes.
- b) Veränderung beim Aufenthalt an der Luft. Gegenstände aus Messing müssen regelmäßig poliert werden, um attraktiven Glanz zu zeigen. Bei Gold ist das nicht der Fall.
- c) Schmelztemperatur. Dabei müssen die zu untersuchenden Gegenstände allerdings zerstört werden.  $\vartheta_{\text{sm}}$  (Gold) =  $1064 \text{ }^\circ\text{C}$ ;  $\vartheta_{\text{sm}}$  (Messing)  $\approx 900$  bis  $925 \text{ }^\circ\text{C}$ .

#### Zusatzinformation

Die Abgrenzung zwischen Leicht- und Schwermetallen wird nicht einheitlich vorgenommen. Z. B. bei Internet-Recherchen sind zwei Werte zu finden:  $\rho = 4,5 \text{ g/cm}^3$  und  $\rho = 5 \text{ g/cm}^3$ . Im Schülerbuch wird angegeben, dass Metalle mit einer Dichte von  $\rho < 5 \text{ g/cm}^3$  zu den Leichtmetallen gezählt werden. Demnach ist z. B. Titan ( $\rho = 4,51 \text{ g/cm}^3$ ) ein Leichtmetall. Bei Anwendung der anderen Grenzziehung müsste es zu den Schwermetallen gezählt werden.

## B20 Eigenschaften bestimmen die Verwendung (S.46/47)

### Zu den Aufgaben

#### A1

Metall	Verwendungszweck / Eigenschaft für den Verwendungszweck
Kupfer	Stromleitungen / elektrische Leitfähigkeit Wasserleitungen / leichte Verarbeitbarkeit bei der Installation, Beständigkeit gegen Wasser und Luft Dachrinne und Fallrohr / Beständigkeit gegen Wasser und Luft
Zink	Hausverkleidung, Dachrinne und Fallrohr / bildet feste Oxidschicht, die beständig gegen Luft und Wasser ist
Blei	Dachabdeckungen bei Dachfenstern / weich, lässt sich gut formen Angelblei / Blei hat eine hohe Dichte, die Bleikügelchen sorgen dafür, dass der Angelhaken mit der Schnur im Wasser abtaucht und die Angelschnur sich strafft
Aluminium	Bauverkleidungen / niedrige Dichte, beständig gegen Witterungseinflüsse Getränkedosen / geringe Dichte, dadurch geringes Gewicht der Dosen Verpackungsfolie / lässt keine Luft, kein Licht und kein Wasser durch Fahrradrahmen / geringe Dichte, dadurch geringeres Gewicht des Fahrrads
Gold	Schmuck / lässt sich gut legieren, ist beständig gegen Witterungseinflüsse, schädigt nicht die Haut
Chrom	Belag auf Radkappen und Stoßstangen, Wasserhähne / silberner Glanz, beständig gegen Einflüsse von Wasser und Luft

**A2** Die meisten Kunststoffe leiten den elektrischen Strom nicht. Die elektrischen Leitungen, die Abdeckungen von Lichtschaltern und Steckdosen sind deshalb aus Kunststoff. Fensterrahmen aus dem Kunststoff PVC sind langlebig und pflegeleicht. Kunststoffe sind schlechte Wärmeleiter. Styropor® mit eingeschlossener Luft wird als Wärmedämmstoff eingesetzt.

**A3** Eine gute Wärmedämmung von Häusern ist gut für die Umwelt, weil die Wärmedämmung dafür sorgt, dass weniger thermische Energie für das Beheizen der Häuser benötigt wird. Erfolgt das Beheizen mit Erdgas oder Heizöl, werden Rohstoffe eingespart. Die mit der Förderung, der Lagerung, dem Transport und der Aufbereitung der Brennstoffe verbundenen Belastungen der Umwelt werden



verringert. Bei der Verbrennung von Heizöl oder Erdgas wird Kohlenstoffdioxid an die Umwelt abgegeben, das zum anthropogenen Treibhauseffekt beiträgt.

#### A4

Vorteile einer Trinkflasche aus Kunststoff	Nachteile einer Trinkflasche aus Kunststoff
Sie sind leichter als Glasflaschen oder Aluminiumflaschen gleicher Größe, zerbrechen nicht so leicht wie Glasflaschen, sind meist spülmaschinenfest bis 60 °C oder 70 °C.	Sie haben häufig einen unangenehmen Eigengeruch, einige können Weichmacher enthalten, Kohlensäure entweicht meist schneller aus Kunststoffflaschen als z. B. aus Glasflaschen und Kunststoffflaschen werden meist aus Erdölprodukten hergestellt.
Vorteile einer Trinkflasche aus Glas	Nachteile einer Trinkflasche aus Glas
Sie halten lange die Kohlensäure, sind häufig Mehrwegflaschen und lassen sich gut recyceln.	Sie zerbrechen leicht und sie sind schwerer als Kunststoffflaschen oder Aluminiumflaschen gleicher Größe.
Vorteile einer Trinkflasche aus Aluminium	Nachteile einer Trinkflasche aus Aluminium
Sie sind leichter als Glasflaschen, aber kaum schwerer als Kunststoffflaschen, langlebig und lassen kein Licht und keinen Sauerstoff durch.	Sie weisen meist eine Beschichtung auf, damit das Aluminium nicht direkt mit der Flüssigkeit in Kontakt kommt. Ist die Beschichtung beschädigt, gelangen geringe Aluminiummengen (Aluminium-Ionen) in die Flüssigkeit. Über die Gesundheitsgefahren von Aluminium in Getränken und Speisen gibt es sehr unterschiedliche wissenschaftliche Ergebnisse und Meinungen. Zur Herstellung von Aluminium aus Rohstoffen wird sehr viel elektrische Energie benötigt.

**A5** Gute Funktionsshirts leiten Schweiß nach außen ab, wo er dann verdunstet. Sie haben damit eine „Kühlwirkung“. Funktionsshirts besitzen häufig unterschiedlich starke Zonen, dieses sogenannte Bodymapping verstärkt die Kühlwirkung an Brust, Achseln und der oberen Rückenpartie. Funktionsshirts trocknen schnell und verlieren nicht ihre Form. Manche Funktionsshirts sind auch winddicht und schirmen vor UV-Strahlung ab. Die meisten Fasern von Funktionsshirts werden aus Erdölprodukten hergestellt.

Ein T-Shirt aus Baumwolle saugt den Schweiß auf und wirkt schwer, es trocknet nur langsam und ist winddurchlässig. Ein T-Shirt aus Baumwolle verliert leicht seine Form. Es wird aus natürlichen Fasern von nachwachsenden Rohstoffen gewonnen.

**A6** Der häufigste Beweggrund zur Herstellung von Gegenständen aus Naturstoffen, obwohl Kunststoffe vorteilhaftere Eigenschaften für diese Gegenstände aufweisen, ist die Nutzung nachwachsender Rohstoffe und damit die Schonung der Erdölvorräte. Häufig wird „natürlich“ auch als überlegen gegenüber „künstlich“ empfunden. Mit der Herstellung von Gegenständen aus Naturstoffen können auch alte Handwerkstraditionen verbunden sein, die nicht verlorengehen sollen.

## B21 Zusammenfassung und Übung (S.48/49)

### Zu den Aufgaben

**A1** Das Aussehen, der Geruch, der Geschmack und der Klang sind mit den Sinnen wahrnehmbare Stoffeigenschaften. Zu den messbaren Stoffeigenschaften zählen die Löslichkeit, die Schmelztemperatur, die Siedetemperatur und die elektrische Leitfähigkeit.

**A2** Die Masse und das Volumen sind Eigenschaften einer Stoffportion. Der Geruch, die Schmelztemperatur und die Dichte sind die Eigenschaften eines Stoffes.

#### Hinweis:

Die Siede- und die Schmelztemperatur sowie die Dichte charakterisieren einen Stoff. Ihre Zahlenwerte hängen nicht von der Größe der Stoffportion ab. Diese Größen nennt man **intensive Größen**. Im Gegensatz zur Siede- und Schmelztemperatur oder Dichte charakterisieren die Masse und das Volumen keine Stoffe, sondern Stoffportionen. Da es für die Masse und das Volumen entscheidend ist, wie groß oder ausgedehnt die Stoffportion ist, spricht man von **extensiven Größen**.

**A3** Mit einem Indikator (Universalindikator) kann man zwischen einer sauren, alkalischen und neutralen Lösung unterscheiden. Dazu gibt man einen Tropfen der zu untersuchenden Lösung auf ein Stück Indikatorpapier, oder man tropft flüssige Indikatorlösung zu der zu untersuchenden Lösung.

**A4**

Stoffeigenschaft	Typischer Stoff aus der alltäglichen Umgebung
Aussehen	Besteck aus verchromtem Metall
Geruch	Essig
Geschmack	Zucker, Salz
Klang	Stahl in der Fahrradklingel
Härte	weich: Radiergummi hart: Zirkelspitze
Verformbarkeit	verformbar: Knetgummi, Wachs spröde: Glas, Kochsalz
Löslichkeit	Zucker oder Salz in Wasser, Fett in Benzin, Nagellack in Aceton
Schmelztemperatur	Wasser 0 °C
Siedetemperatur	Wasser 100 °C
Elektrische Leitfähigkeit	Kupfer

**A5** Ein Globus ist ein Modell der Erde. Er ist sehr viel kleiner als die Erde in Wirklichkeit. Auch das Material des Globus stimmt nicht mit der Wirklichkeit überein.

Das Modell eines Auges hilft dir, den Aufbau des Auges zu verstehen. Das Modell ist größer als das Auge eines Menschen, damit man auch kleine Dinge gut erkennen kann. Außerdem besteht das Modell im Gegensatz zum Original aus Kunststoff. Es gibt noch viele weitere Modelle von Organen des Körpers.

Das Teilchenmodell verwendet man in den Naturwissenschaften, um einige Eigenschaften der Stoffe besser verstehen zu können. Wir stellen uns die Teilchen kugelförmig vor. Dies entspricht aber häufig nicht der Wirklichkeit.

**A6**

a) Der Fachausdruck für diese Durchmischung heißt Diffusion.

b) Das austretende, durch Verdunstung entstehende gasförmige Parfüm besteht, wie auch die Luft, aus kleinsten Teilchen, die in dauernder ungeordneter Bewegung sind. Benachbarte Teilchen stoßen häufig gegeneinander und ändern dadurch ihre Bewegungsrichtung. Teilchen des Parfüms und der Luft, die gegeneinander stoßen, werden so allmählich miteinander vermischt.

**A7** Die Löslichkeit von Luft in Wasser ist temperaturabhängig. Je höher die Temperatur ist, desto geringer ist die Löslichkeit.

**A8** Wenn sich in 20 g Wasser 7,2 g Kochsalz lösen, dann lösen sich in  $5 \cdot 20 \text{ g} = 100 \text{ g}$  Wasser  $5 \cdot 7,2 \text{ g} = 36 \text{ g}$  Kochsalz.

**A9** Der Bleigürtel hat die Aufgabe, den Auftrieb des Tauchers mit seiner Ausrüstung auszugleichen. Blei wird dazu wegen seiner hohen Dichte (und seines geringen Preises) eingesetzt.

**A10**

Werkstoffe in der Küche	Vorteile	Nachteile
Abdeckplatte aus Kunststoff	leicht zu reinigen, wasserfest, wärmebeständig	später Entsorgung als Kunststoffabfall
Schrankwand aus Kunststoff	leicht zu reinigen	schmutzempfindlich
Spüle und Wasserhahn aus Edelstahl	rostfrei, leicht zu reinigen	kratzempfindlich
Kochtopf aus Edelstahl	guter Wärmeleiter, leicht zu reinigen	kratzempfindlich

Herdplatte aus Keramik	leicht zu reinigen, beständig bei Temperaturschocks	kein guter Wärmeleiter, nicht bruchfest
Scheuerschwamm aus Kunststoff	leicht, preiswert	schnell abgenutzt
Spülmittelflasche aus Kunststoff	leichte Dosierung des Spülmittels durch Druck	Entsorgung als Kunststoffmüll
Getränkeflasche aus Glas	hygienisch, Mehrwegflasche	schwer, nicht bruch-sicher
Essigflasche aus Kunststoff	leicht, bruch-sicher	Entsorgung als Kunststoffmüll

#### A11

- a)** – Untersucht man die fünf Stoffe mit der Lupe, so erkennt man bei Zucker, Kochsalz und Citronensäure deutlich Kristalle.
- Löst man die fünf Stoffe in Wasser, so lösen sich Zucker und Citronensäure gut, Kochsalz nach einigem Umrühren in Wasser. Natron löst sich dagegen nur schlecht in Wasser, Kartoffelmehl löst sich nicht.
  - Vergleicht man Kartoffelmehl und Natron in ihrem Verhalten beim Erwärmen, so stellt man bei Natron keine Veränderung fest (das Freiwerden von  $\text{CO}_2$  durch den Zerfall von  $\text{NaHCO}_3$  können die Schülerinnen und Schüler nicht erkennen), während Kartoffelmehl verkoht.
  - Die drei in Wasser recht gut löslichen Stoffe Zucker, Citronensäure und Kochsalz verhalten sich beim Erwärmen folgendermaßen: Zucker wird gelbbraun und dickflüssig (verkoht bei längerem Erwärmen); Kochsalz zeigt keine Veränderung; Citronensäure schmilzt zu einer klaren Flüssigkeit mit stechendem Geruch (wird bei längerem Erhitzen gelb, dann braun).
- b)** individuelle Lösung