



Fossile und nachwachsende Rohstoffe

Info: Der Begriff „nachwachsende Rohstoffe“ wird oft fälschlicherweise nur auf Motorentreibstoffe aus pflanzlichen Rohstoffen („Biodiesel“) bezogen. Gemeint sind aber ganz allgemein land- oder forstwirtschaftlich erzeugte Produkte, die nicht als Nahrungsmittel dienen. Sie können stofflich und energetisch genutzt werden. Die Herstellung von Treibstoffen macht nur einen Teilbereich der möglichen industriellen und energetischen Nutzung solcher Pflanzenmaterialien aus. Zu den fossilen Rohstoffen bzw. Energieträgern gehören Kohle, Erdöl, Erdgas und Torf. Sie sind im Verlauf der Erdgeschichte aus abgestorbenen Pflanzen entstanden und erneuern sich nicht. Deshalb sind sie begrenzt. Durch ihre massive Verbrennung ergeben sich für die Menschheit zwei gravierende Probleme: Die Energiereserven nehmen ab und das Weltklima wird gefährdet.

1. Stärke aus Kartoffeln

Materialien: zwei Kartoffeln, Messer, Kartoffelreibe, zwei Plastischüsseln, Geschirrtuch, Messbecher, Teller

So geht's

- Reibe zwei geschälte Kartoffeln in eine Schüssel.
- Rühre einen halben Liter Wasser hinzu und filtriere den Saft durch ein Geschirrtuch in eine Schüssel. Drücke gut aus.
- Schütte die überstehende Flüssigkeit in der Schüssel bis auf einen kleinen Rest ab, wenn sich ein weißer Bodenkörper gebildet hat.
- Fülle mit Wasser auf, rühre und lass den weißen Bodenkörper sich wieder absetzen. Wiederhole dies mehrfach. Schütte das Wasser ab und lass den Bodensatz im Teller trocknen.



2. Folien aus Stärke

Materialien: Glycerinlösung (50 %), Kartoffelstärke, Esslöffel, Kaffeelöffel, Marmeladeglas, evtl. Backofen (Trockenschrank)

So geht's

- Gib in ein Marmeladegläschen je einen Kaffeelöffel Kartoffelmehl, zwei bis drei Kaffeelöffel Glycerinlösung und zehn Esslöffel Wasser. Verschließe das Glas und schüttle, bis die Lösung klumpenfrei ist (du kannst auch Lebensmittelfarbe hinzugeben).
- Befülle damit einen Esslöffel. Befülle ihn mit einem Kaffeelöffel und erhitze dann den Esslöffel über der Flamme des Maxiteelichtes, bis die Lösung siedet.
- Koche einige Minuten und gieße die Lösung in einen Glasteller. Lass sie über Nacht an der Luft trocknen oder trockne bei 105 °C im Backofen. Die fertige Folie kannst du dann abziehen



3. Sonnenblumenöl oder Kokosöl selbst hergestellt (als Brennstoff für eine Öllampe)

Materialien: Erlenmeyerkolben 200 ml, passender Stopfen, Pulvertrichter, Esslöffel, Sonnenblumenkerne geschält und gehackt, Kokosraspeln, niedrig siedendes Benzin (z. B. Petrolether 40–60 °C oder 50–70 °C), Messzylinder, Natriumsulfat wasserfrei, Spatel, Filterpapier, Trichter, Glasteller, Teelicht, evtl. Heizplatte (Öllampe: Küchenrolle, Schere, Alufolie, Anzünder, gekauftes Pflanzenöl)

10



Schalenmodell der Elektronenhülle – Oktettregel – Salzbildung

1. Salze färben Flammen: Elektronen springen in der Schale

Materialien: Teller, Teelichtbecher, Anzünder, Spatel, Spiritus, Kochsalz, Lithiumchlorid

So geht's

- Stelle das Teelicht auf den Teller und fülle es halb voll mit Spiritus.
- Entzünde den Alkohol.
- Wirf mit dem Spatel im Wechsel ein paar Körnchen Kochsalz und später ein paar Körnchen Lithiumchlorid in die Spiritusflamme.
- Welche Färbung bekommt die Flamme bei der Zugabe der beiden Salze?



Beobachtung: _____

Info zum Schalenaufbau der Elektronenhülle: Die Elektronen kreisen nicht wahllos um den Kern. Sie sind zu Gruppen geordnet, die jeweils einen genau definierten Abstand zum Atomkern haben und so der Elektronenhülle eine gewisse Struktur geben. Statt Abstand sagt man in der Atomphysik Energiezustand oder Energieniveau. Wenn man ein Elektron in einen größeren Kernabstand (auf ein höheres Energieniveau) bringen will, muss man gegen die Kernanziehung arbeiten und ihm Energie zuführen (potenzielle Energie = Lageenergie). Das ist so, als wenn man einen Stein hochhebt (hier arbeitet man dann gegen die Erdanziehung). Elektronen können immer nur bestimmte Energiezustände annehmen. Die unterschiedlichen Energieniveaus werden auch als Schalen bezeichnet. Der dänische Physiker **Niels Bohr** erkannte als Erster diesen Schalenbau der Atomhülle. Man spricht deshalb vom Bohrschen Atommodell. In der nachfolgenden Tabelle sind die sieben Energieniveaus aufgezählt, mit der sich alle ca. 100 chemischen Elemente beschreiben lassen. Zur Bezeichnung der Schalen benutzt man Großbuchstaben des Alphabets vom Buchstaben „K“ an. In der letzten Spalte ist die Zahl der Elektronen angegeben, die maximal auf der entsprechenden Schale Platz haben. Sie lässt sich nach der Formel $2n^2$ berechnen, wobei n für die Nummer der Schale steht. Die Erfahrung hat gezeigt, dass Atome immer dann eine besonders stabile Elektronenanordnung haben, wenn die äußerste Schale mit zwei Elektronen (nur bei der K-Schale: Elektronenduet) und mit acht Elektronen (bei den anderen Schalen: Elektronenoktett) besetzt ist. Daraus leitet sich die für die Chemie wichtige Erkenntnis ab, dass die Atome der Elemente ihre Schale bei chemischen Reaktionen so zu verändern suchen, dass sie auf ein Oktett auf der äußersten Schale kommen. Dies kann durch Elektronenabgabe aus der Hülle oder durch Aufnahme von Elektronen in die Hülle geschehen.

Nr. der Schale (Energieniveau n)	Alternative Bezeichnung	Maximale Schalenbesetzung
1	K	$n = 1$ $2 \cdot 1^2 = 2$ Elektronen
2	L	$n = 2$ $2 \cdot 2^2 = 8$ Elektronen
3	M	$n = 3$ $2 \cdot 3^2 = 18$ Elektronen
4	N	$n = 4$ $2 \cdot 4^2 = 32$ Elektronen
5	O	$n = 5$ $2 \cdot 5^2 = 50$ Elektronen
6	P	$n = 6$ $2 \cdot 6^2 = 72$ Elektronen
7	Q	$n = 7$ $2 \cdot 7^2 = 98$ Elektronen

10



Energiewelten: Erneuerbare Energien

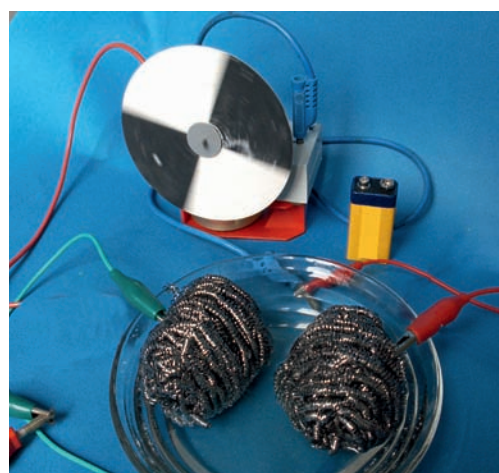
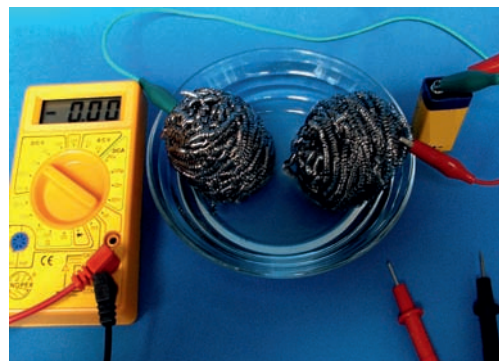
1. Strom aus Wasserstoff: Saubere Energie aus der Brennstoffzelle

Materialien: Glastellerchen, zwei Edelstahltopfreiniger, zwei Kabel mit Krokodilklemmen, Multimeter (Spannungsmesser), 9-V-Batterieblock, Natriumsulfat, evtl. Kleinelektromotor ($> 1,5\text{ V}$)

So geht's

- Fülle das Glastellerchen mit Natriumsulfatlösung (ein Kaffeelöffel im Trinkglas).
- Lege zwei Edelstahltopfreiber hinein und verbinde sie über die Krokodilklemmenkabel mit dem 9-V-Block (Achtung, die Topfreiber dürfen sich nicht berühren!).
- Du siehst an den Topfreibern Gasbläschen aufsteigen (Wasserstoff am Minuspol und Sauerstoff am Pluspol).
- Lass die Elektrolyse einige Minuten laufen und verbinde dann die Topfreiber mit dem Multimeter (Messbereich: 20 V Gleichspannung). Statt dessen kannst du auch einen Kleinmotor anschließen (evtl. nochmals vorher elektrolysieren).

Info: Bei der Spaltung von Wasser in Wasserstoff und Sauerstoff wird im Wasserstoff elektrische Energie gespeichert. Eine Brennstoffzelle kehrt die Elektrolyse um. Sie ist ein Energiewandler, bei dem durch Reaktion des Brennstoffes (Wasserstoff) mit Sauerstoff elektrische Energie geliefert wird. Umweltfreundlich arbeitet die Brennstoffzelle, wenn der Elektrolysestrom photovoltaisch gewonnen wird.



2. Strom aus Wind: Der Computerkühler als Modell für ein Windrad

Materialien: zwei Krokodilklemmen, 1-l-PET-Trinkflasche, ausgebauter Computerkühler, Föhn, Leuchtdiode (max. 20 mA/rot), Heißklebepistole

So geht's

- Als Windrad setzen wir einen ausgebauten Computerkühler mit Ventilator ein. Klebe das Kühlergehäuse mit der Heißklebepistole auf dem Schraubdeckel einer PET-Flasche fest und fülle die Flasche mit Wasser, damit sie fest steht.
- Verbinde die Kabel des Lüfters mit der LED und richte einen starken Luftstrom mit dem Föhn von vorn gegen den Ventilator (evtl. mit dem Finger kurz anstoßen).

Hinweis: Der Computerlüfter arbeitet hier wie ein Generator (Stromerzeuger), den du vom Fahrraddynamo kennst: Er enthält eine aus Kupferdraht gewickelte Spule und eine Magnettrommel, die sich um die Spule dreht. Die erzeugte elektrische Spannung tritt immer auf, wenn man eine Kupferdrahtspule in der Nähe eines Magneten bewegt. Ein echtes Windrad enthält auch einen Generator. Ein Hochseewindpark kann ab April 2010 50.000 Haushalte mit Ökostrom versorgen. Der amtierende Bundesumweltminister sagte dazu, „dass die Windenergie die zentrale Rolle im Energiemix der Zukunft spielen wird“.



10



Chemie im Haushalt: Reinigungsmittel und Lebensmittel

1. Waschmittel von einst und heute: Von der Pottasche über die Seife zu modernen Tensiden

Materialien: sechs Bechergläser, Glasstab, Leinenstoff, Holzasche, Wasser, Maxiteelicht, Anzünder, Tellerchen, ein Reagenzglas, Esslöffel, Kaffeelöffel, Kokosfett (z. B. Palmin), Kochplatte, Salz, zwei Pipetten, Streichholzschachtel, Kernseife, Feinwaschmittel, Universalindikator (Rotkohlextrakt), Natriumhydroxid, Calciumchlorid, Spatel, Trichter, Filterpapier

So geht's

Waschen mit Pottasche

- Rühre in einem Glas zwei Esslöffel Asche mit fünf Esslöffel Wasser an. Danach wird filtriert. Prüfe das Filtrat mit den Fingern und bestimme mit Universalindikatorpapier den pH-Wert.
- Beruße einen Teller in der Maxiteelichtflamme. Schwärze das Stück Leinenstoff mit Ruß an, indem du den Ruß vom Teller aufnimmst, und schwenke den Leinenstoff in der Lösung im Becherglas.



Beobachtung:

Info: Waschlauge aus Holzasche, das ist ein uraltes Rezept, um Kleidung zu waschen. Holzasche enthält Pottasche (K_2CO_3), die in wässriger Lösung alkalisch reagiert. Die Lauge hilft die im Schmutz enthaltenen Fette zu entfernen. Auf diesem Prinzip beruht auch die Seifenherstellung.



Herstellung von Seife (bei diesem Teil des Experimentes Schutzbrille tragen!)

- Gib in ein Becherglas einen Esslöffel Wasser und löse darin einen halben Kaffeelöffel Natriumhydroxid.
- Gib in ein zweites Becherglas einen Esslöffel voll Kokosfett (eine halbe Rippe Palmin) und einen Kaffeelöffel Wasser und erwärme auf der Kochplatte, bis alles geschmolzen ist.
- Gieße unter Rühren die Natronlauge dazu und köchle unter ständigem Rühren 20 min.
- Löse in einem halb vollen Wasserglas drei Esslöffel Salz und gieße den Becherglasinhalt hinein. Lass abkühlen und schöpfe mit einem Kaffeelöffel die feste Seife in eine Streichholzschachtel. Sie braucht noch einen Tag, um ganz zu trocknen.

Info: Schon die alten Sumerer wussten ca. 2000 v. Christus, dass Pflanzenasche vermengt mit Ölen einen reinigenden Effekt hat. Im siebten Jahrhundert verkochten die Araber Öl mit Lauge und stellten erstmals Seife in der heutigen Form her. Beim „Seifensieden“ werden Fette und Öle in ihre chemischen Bestandteile Glycerin und Fettsäuren zerlegt, die mit der Lauge Alkalisalze ergeben. Aus chemischer Sicht sind Seifen Natrium- und Kaliumsalze von Fettsäuren. In der zweiten Hälfte des letzten Jahrhunderts wurde die Seife als Universalwaschmittel von modernen Tensiden abgelöst, weil sie deutliche Nachteile hatte, die wir jetzt untersuchen wollen.

Warum heute keiner mehr mit Seife wäscht: Die Nachteile der Seife

- Fülle zwei Gläser mit Wasser. Gib in das erste eine Kaffeelöffelspitze Feinwaschmittel, in das zweite ein Bröckchen Kernseife und löse sie durch Umrühren auf. Falls die Lösungen trübe sind, musst du sie





Kunststoffe untersuchen, umwandeln und herstellen

Info „Kunststoffe erkennen: Brenn- und Geruchsprüfung“: Die benötigten Kunststoffproben stammen aus dem Alltag. Neuerdings sind Geschirr, Verpackungsmaterial und dergleichen nicht mehr mit den Kurzzeichen (PE, PP, PS, PVC, PC, PA usw.) bedruckt. Man findet noch das Recyclingsymbol (geschlossenes Pfeildreieck) und darin einen Zahlen-code, der den verwendeten Kunststoff kennzeichnet: 1 steht für PET, 2 für PE-HD (high density), 3 für PVC, 4 für PE-LD (low density), 5 für PP, 6 für PS und 7 für andere Kunststoffe. Aus PE (egal, ob HD oder LD) sind fast immer die Behälter für Haushaltsreiniger und Shampooflaschen gefertigt, aus dem härteren Polypropylen (PP) meist die Verschlusskappen dieser Behälter. Aus Polystyrol sind sehr häufig die Joghurtbecher gemacht und Polycarbonat ist das Material für CDs. Weich-PVC ist aus Gesundheitsgründen in Lebensmittelverpackungen problematisch (es enthält Weichmacher), bei Schläuchen, Abflussrohren, Kunststofffenstern und -türen vom Baumarkt und bei Kabelummantelungen hat PVC jedoch sehr gute Materialeigenschaften. Für den Brennversuch braucht es nur kleine Stückchen von ca. 1 x 1 cm. Das Brennverhalten und der Geruch hängen sehr eng mit den chemischen Grundbausteinen der Kunststoffe zusammen. PE und PP sind wirklich paraffinähnlich, PS enthält mit dem Phenylrest einen (ungesättigten) Aromaten, der das starke Rußen provoziert, und das PVC brennt nicht von selbst und der Geruch nach Salzsäure kommt durch das freigesetzte HCl-Gas zustande (es kann auch mit einem Universalindikatorpapier nachgewiesen werden). Deshalb ist PVC auch kein Kandidat für die Müllverbrennung. Sehr effektiv brennt PE-Kunststoff (egal, ob aus Sektkorken oder Shampooflaschen), weil eine ganze Zeit lang brennende Tropfen aus dem Kunststoff herausperlen. Hier braucht es unbedingt eine feuerfeste Unterlage. Polycarbonate (PC) sind entflammbar, die Flamme erlischt jedoch wie beim PVC, wenn die Zündquelle entfernt wird.

Info „Ein Kleber aus Styropor“: Polymerkunststoffe sind im Allgemeinen schwer löslich. Das heißt aber nicht, dass sie gegen alle Lösemittel (vor allem organische) resistent sind. Oft merkt man es auch daran, dass sie anfangen zu quellen. So darf man zum Beispiel in PE- und PP-Flaschen kein p-Xylol, in PVC-Flaschen kein THF und Cyclohexanon, in PS-Behältern kein Toluol, Chloroform oder Ester aufbewahren. Styropor (PS aufgeschäumt) löst sich sehr gut in Essigsäureethylester oder Aceton. Das funktioniert so gut, dass man bei chemischen Showexperimenten oft sehr große Styroporbrocken einfach verschwinden lässt (Schmelzen eines Schneemanns aus Styropor), indem man sie in Essigsäureethylester stellt. Der Kleber funktioniert wie bei vielen Flüssigklebern, die auch als Lösemittel Essigsäureethylester enthalten (was man auch riechen kann). Das Lösemittel ist relativ flüchtig und verdunstet. Zurück bleibt der gehärtete Kunststoff, der Gegenstände verbindet.

Info „Slime: Selbst hergestellte Glibbermasse“: Polyvinylalkohol gibt es im Lehrmittelhandel günstig als weißes Pulver. Es handelt sich hier um einen Kunststoff, der nicht einfach durch Polymerisation entsprechender Monomere hergestellt werden kann. Polyvinylalkohole werden durch Umesterung oder durch alkalische Verseifung von Polyvinylacetat gewonnen. Der Kunststoff ist in Wasser löslich, nicht aber in organischen Lösungsmitteln. Das ist die Grundlage für die Slime-Bildung. Anstelle von Borsäure kann man auch Borax nehmen (weil es in Wasser Borsäure bildet). Aufgrund neuer Bestimmungen ist die Verwendung von Borsäure oder Borax in fester Form im Schulunterricht nicht mehr erlaubt. Zulässig sind Lösungen, die bei Borax die Konzentration von 4,5 % und bei Borsäure von 5,5 % nicht überschreiten dürfen. Es genügt hier eine 0,6%ige Boraxlösung, die der Lehrer dem Schüler gebrauchsfertig zur Verfügung stellt. Der Slime sollte aber den Schülerinnen und Schülern nicht mit nach Hause gegeben werden. Die Borsäure trägt dazu bei, dass eine Polykondensation einsetzt, bei der die Molekülstränge des Polyvinylalkohols über die Borsäure esterartig verbunden werden. Es entsteht dabei eine Art Strickleiter, wobei die Borationen die Sprossen darstellen. Durch die fortschreitende Vernetzung der Polyvinylketten wird die Lösung immer zähflüssiger und ein Gel entsteht. Der Slime-Charakter kommt daher, dass die Bindungen jedoch sehr schwach sind und sich permanent lösen und wieder bilden können. Dies funktioniert aber nur, solange Wasser gebunden ist. Beim Verdunsten des Wassers wird der Schleim hart und spröde. Der hergestellte Schleim ist zwar nicht giftig, jedoch sollte man sich nach dem Hantieren damit die Hände waschen. Bei Borax sollte eine direkte Berührung mit Augen und Haut vermieden werden, weil mit Wasser auch Natronlauge entsteht. Wenn man anstelle von Lebensmittelfarben ein bis zwei Spatelspitzen fluoreszierende Stoffe (Fluorescein, Eosin) hinzugibt, dann kommt es bei UV- oder Schwarzlicht zu faszinierenden Leuchteffekten. Ein toller Effekt wird auch erzielt, wenn man zwei bis drei Teelöffel Vollwaschmittel mit einem optischen Aufheller hinzugibt. Alternativ zu Polyvinylalkohol kann auch eine 1%ige Lösung von Guarkernmehl eingesetzt werden (100 ml davon mit 15 ml 0,6%iger Boraxlösung versetzen).

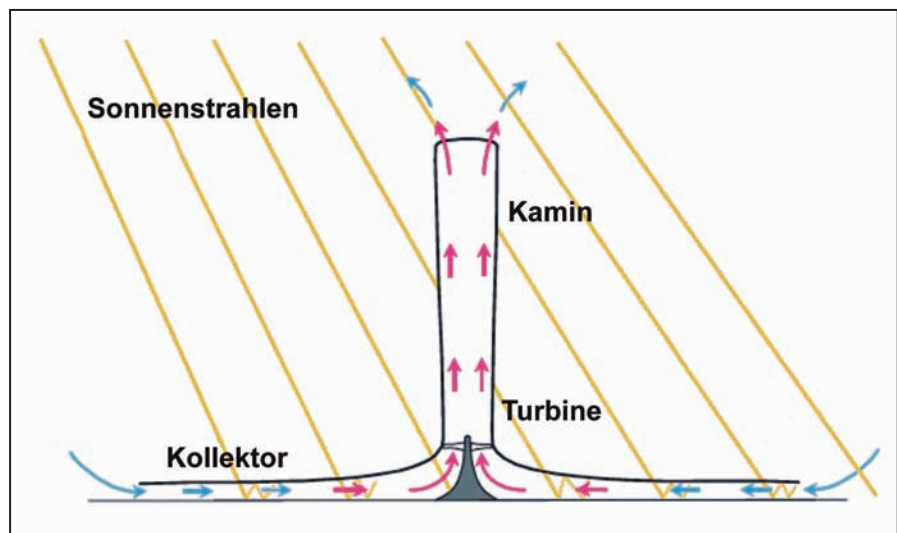
Info „Ein biologisch abbaubarer Kunststoff aus Naturstoffen“: Polymerkunststoffe lassen sich auch aus Naturstoffen herstellen, wenn diese bestimmte Strukturmerkmale enthalten. Geeignet sind neben Glycerin vor allem Milchsäure, Zitronensäure und Rizinusöl. Solche Kunststoffe sind oft nicht so hart und resistent, aber sie sind biologisch abbaubar. Das Reaktionsprinzip ist eine Vernetzung durch Abspaltung kleiner Wassermoleküle (Polykondensation). Die Milchsäure und die Zitronensäure gehören zu den Stoffen, die sowohl die funktionelle Gruppe des Alkohols als auch die der Säure in sich tragen. Dies bedeutet, dass sie Polykondensation mit sich selbst eingehen können und keine zweite Komponente benötigen (in der Regel brauchen Polyester mehrwertige Alkohole und Säuren als Monomerbausteine). Bei den Ausgangsstoffen Glycerin und Zitronensäure lässt sich die Polykondensation nicht gezielt steuern, weil

in Niedersachsen 25,1 Prozent. Die Südländer schneiden verständlicherweise deutlich schlechter ab. Bayern kommt 2010 auf einen Wert von einem Prozent. Bundesweit lag 2011 der Anteil des Stroms aus Windenergie am Strommix bei 7,6 Prozent. Der Anteil der erneuerbaren Energien lag bei 19,9 Prozent. In Deutschland gab es im Mai 2011 21.618 Windkraftanlagen. Der Anteil der Windkraft soll bis zum Jahre 2022 auf 30 Prozent gesteigert werden. Wir können in unserem Experiment nur das Prinzip zeigen, nach dem die Windräder arbeiten und Strom erzeugen. An geeigneten Computerkühlern aus Altgeräten sollte es an Schulen und bei den Schülern nicht mangeln. Sie müssen nur ausgebaut werden.

Info „Strom aus Wärme“: In unserem Experiment wird aus einer Temperaturdifferenz ein Strom erzeugt. Das lässt sich auch umdrehen. Ein Peltierelement ist ein elektrothermischer Wandler, der bei Stromdurchfluss eine Temperaturdifferenz oder bei Temperaturdifferenz einen Stromfluss erzeugt. Es ist eine Wärmepumpe und hat die gleiche Funktion wie ein Kühlschrank. Allerdings kommt es ohne mechanisch bewegliche Bauteile (Pumpe, Kompressor) und ohne Kühlmittel aus. Die Peltierkühltechnik ist eine Alternative zu herkömmlichen Kompressor- und Absorberkühlsystemen. Vorteile sind der geringe Platzbedarf, das geringe Gewicht, das Arbeiten ohne Kühlmittel, das geräuschlose Arbeiten und die einfache und genaue Möglichkeit der Temperaturregelung. Peltierelemente benutzt man zum Wärmen, zum Kühlen und zur Stromgewinnung bei auftretenden Temperaturdifferenzen. Ihr Nachteil im Vergleich mit anderen Technologien ist sicher der geringe Wirkungsgrad. Die Funktionsweise der Peltierelemente wird mit dem Seebeck-Effekt erklärt. Man benötigt dazu zwei unterschiedliche elektrische Leiter. Bringt man die beiden Enden des einen Leiters in Kontakt mit dem anderen und leitet einen elektrischen Gleichstrom hindurch, so erwärmt sich die eine Kontaktstelle, während sich die andere abkühlt. Kehrt man die Stromrichtung um, so vertauschen sich auch die Warm- und Kaltstellen. Der Grund dafür ist, dass von einem Leiter Elektronen in den anderen übertreten, weil im anderen Material potentiell günstigere energetische Bedingungen herrschen. Der Elektronenfluss lässt elektrische Energie entstehen. Dabei geben die fließenden Elektronen ihre Energie auch als Wärme ab. Wird eine Kontaktstelle erwärmt, werden die Elektronen regelrecht von einem Leiter zum anderen getrieben. Diesen Elektronenfluss bezeichnet man als thermoelektrischen oder auch Seebeck-Effekt, weil sich ein Thermostrom (Strom aus Temperaturdifferenzen) bildet.

Info „Strom aus der Sonne: Ein Aufwindkraftwerk“: Das Aufwindkraftwerk ist ein solares Kraftwerk für die sonnenreichen Gegenden der Erde. Dort kann fast ohne Ressourcenverbrauch elektrische Energie für den Eigenbedarf und später auch für den Export erzeugt werden. Die Funktionsweise eines Aufwindkraftwerkes ist denkbar einfach. Man braucht Sonne, die durch ein großes lichtdurchlässiges Dach scheint und dahinter den Boden und die Luft erhitzt. Die warme, in einem Kamin aufströmende Luft erzeugt einen Aufwind der durch Turbinen in elektrischen Strom umgewandelt wird. Das Prinzip des Aufwindkraftwerkes wurde schon 1903 beschrieben und 1929 patentiert. Ende der 1970er Jahre wurde die Idee wieder aufgegriffen. Der Stuttgarter Architekt Jörg Schlaich entwarf eine Pilotanlage, die in Zentralspanien mit einer Turmhöhe von 200 m und einer Kollektorfläche von 44.000 m² als Forschungsprojekt errichtet wurde und über mehrere Jahre die Realisierbarkeit eines solchen Projektes im kleinen Maßstab bestätigte. Die Leistung eines Aufwindkraftwerkes ergibt sich aus der Sonneneinstrahlung, der Turmhöhe und der Kollektorfläche. Ein einzelnes Kraftwerk kann für 100 bis 200 MW Leistung ausgelegt werden. Das bedeutet, dass wenige Aufwindkraftwerke bereits ein großes konventionelles Kraftwerk ersetzen können. Ein 200-MW-Kraftwerk braucht ein Glasdach von mehreren Kilometern Durchmesser und einen Turm von etwa 1.000 m Höhe. Mit einer Sonneneinstrahlung von 2.33 kWh/m²/a käme man dann auf eine Jahresenergieproduktion von ca. 1.500 GWh.

Der kritische Punkt im Experiment ist das Ausbalancieren des Windrädchens. Tesastreifen sind leicht und lassen sich ganz leicht nach Größe und Gewicht anpassen.



10

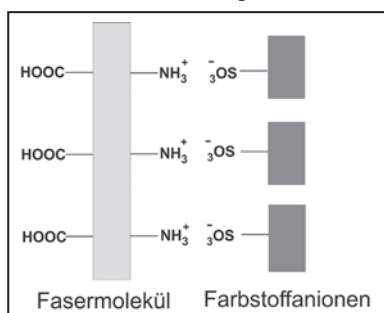


Farbwelten: Farben und Farbstoffe

Info „Berliner Blau und Eisenrhodanid-Rot: Auswaschbare Farben“: Farbige Stoffe müssen nicht zugleich Farbstoffe sein. Damit der Farbstoff zum Färben tauglich ist, muss er auf der Faser oder auf einer Oberfläche nicht nur fest haften, er muss auch stabil sein gegenüber mechanischem Abrieb, dem Lösen beim Waschen, gegenüber Säuren oder Laugen, Licht- und UV-Bestrahlung und gegenüber dem Angriff von Sauerstoff, Ozon und Peroxiden in Waschmitteln. Früher war das Tragen von farbiger Kleidung nur den Reichen und Mächtigen vorbehalten. Oft konnten sich nur Könige die aus Naturstoffen hergestellten teuren Farben leisten. Dies wird deutlich, wenn man bedenkt, dass zur Herstellung von einem Gramm des edlen, blauen Purpurfarbstoffes 12.000 Purpurschnecken geopfert werden mussten, weil der Farbstoff in ihren Drüsen gespeichert ist. Die „Arme-Leute-Farben“ waren eher blass, billig und wenig leuchtend. Überhaupt gab es im Altertum nur wenige geeignete Farbstoffe. Erst durch die Entwicklung der Chemie standen ab ca. 1850 alle Farbstoffe allen Menschen, unabhängig von ihrem Stand und Einfluss, zur Verfügung. Die Geschichte der modernen synthetischen Farbstoffe beginnt mit der Entdeckung des Anilins als Inhaltsstoff des Steinkohlenteers im Jahre 1838. Weitere Farbstoffe gesellten sich zu den Anilinfarbstoffen hinzu und so kam es in dieser Zeit zur Gründung vieler Farbstofffabriken, aus denen sich später so bedeutende Firmen wie BASF, BAYER und HOECHST entwickelten.

Stoffe werden dann farbig, wenn sie aus dem sichtbaren Bereich des Lichtes spektrale Anteile absorbieren. Sind sie zur Farzubereitung oder zum Färben geeignet, dann nennt man sie Farbmittel. Innerhalb der Farbmittel unterscheidet man nach Farbstoffen und Farbpigmenten. Während Farbstoffe löslich sind, sind Farbpigmente schwer lösliche Farbmittel. Farbstoffe zeichnen sich durch einen typischen Molekülbau aus, der leicht anregbare Elektronen enthält. Dies bedeutet, dass die Moleküle ausgedehnte Bereiche mit delokalisierten Elektronen besitzen müssen. Schon allein die Modebranche fordert unendlich viele verschiedene Farbstoffe mit den unterschiedlichsten Farbtönen und mit den unterschiedlichsten chemischen Zusammensetzungen.

Das im Versuch hergestellte Berliner Blau ist ein tiefblaues, anorganisches Pigment, das auch unter den Namen



Pariser Blau, Französischblau, Eisencyanblau, Turnbells Blau, Bronzeblau, Preußischblau, Pottascheblau, Chinesischblau, Stahlblau und Tintenblau bekannt wurde. Es findet Verwendung als Anstrichmittel und zum Tapeten- druck. Berliner Blau gilt als das erste moderne Pigment, das in dieser Form nicht in der Natur vorkommt. Auch das blutrote Eisenrhodanid (auch Theater- blut genannt) ist ein intensiv leuchtender anorganischer Farbstoff. Das Berliner Blau und das Eisenrhodanid wurden hier bewusst ausgewählt, nicht nur, weil sie sehr einfach herzustellen sind und im warmen Wasser ausgewaschen werden können, sondern sie sollen auch den direkten Vergleich zu roten und blauen Azofarbstoffen aus Getränken ermöglichen. Die Farben bleiben zwar gleich, aber ihre Eignung zum Färben ist sehr unterschiedlich.

Info „Färben mit Poweradenge tränken“: Bei den Farbstoffen in den Poweradetränken handelt es sich bei Powerade blau um die Lebensmittelfarbe Brillantblau FCF (E 133: ein Triphenylmethanfarbstoff) und bei Powerade rot um Carmoisin (auch Azorubin) (E 122: ein Azofarbstoff). Es gibt auch gelbe Powerade mit dem Farbstoff Chinolin- gelb (E 104: ein Chinolinfarbstoff). Die Poweradefarbstoffe sind Farbstoffanionen, da sie über Sulfonsäuregruppen verfügen. Deshalb sind sie auch sehr gut zur Färbung von Wolle geeignet, weil sie über ionische Bindungen an katio- nische Gruppen in den Proteinen der Wolle (z. B. NH₄⁺) gebunden werden können.

Farbstoffe, die für den Verzehr freigegeben sind und als gesundheitlich unbedenklich gelten, werden als Lebensmit- telfarbstoffe bezeichnet. Dabei unterscheidet man zwischen natürlichen und synthetischen Farbstoffen. Ihre Haupt- funktion in den Lebensmitteln ist es, den Käufer durch ein optimales optisches Erscheinungsbild zum Kauf der Ware anzureizen. Es ist der Versuch, die Produkte qualitativ hochwertig und frisch erscheinen zu lassen. Die Verwendung von Farbstoffen in der Lebensmittelindustrie ist kennzeichnungspflichtig, damit der Verbraucher selbst entscheiden kann, ob er Lebensmittel mit zugesetzten Farbstoffen konsumieren möchte. Der Farbstoff in der roten Powerade, das Azorubin (E 122), zählt zur Gruppe der Azofarbstoffe, die als Strukturmerkmal eine N-N-Doppelbindung im Molekül haben. Ein großer Teil der Lebensmittelfarbstoffe sind Azofarbstoffe. Sie haben in der Öffentlichkeit einen schlechten Ruf, da sich einige der früher als Lebensmittelfarbstoffe eingesetzten Azofarbstoffe als kanzerogen erwiesen haben. Der Stand der Erkenntnis ist heute der, dass die vielen Azofarbstoffe in knallbunten Süßigkeiten Allergien auslösen können und im Verdacht stehen, Konzentrationsprobleme und Hyperaktivität bei Kindern zu verstärken. Deshalb müssen sie auch ab Juli 2011 mit dem Warnhinweis „kann die Aktivität und Aufmerksamkeit von Kindern beeinträch- tigen“ gekennzeichnet sein. Diese Regelung gilt konkret für die Farbstoffe Gelborange E 110, Azorubin E 122, Allura- rot AC E 129, Tartrazin E 102, Cochenillerot E124 und Cholingelb E 104. Verbraucherschützer fordern, Azofarbstoffe generell in Lebensmitteln EU-weit zu verbieten.