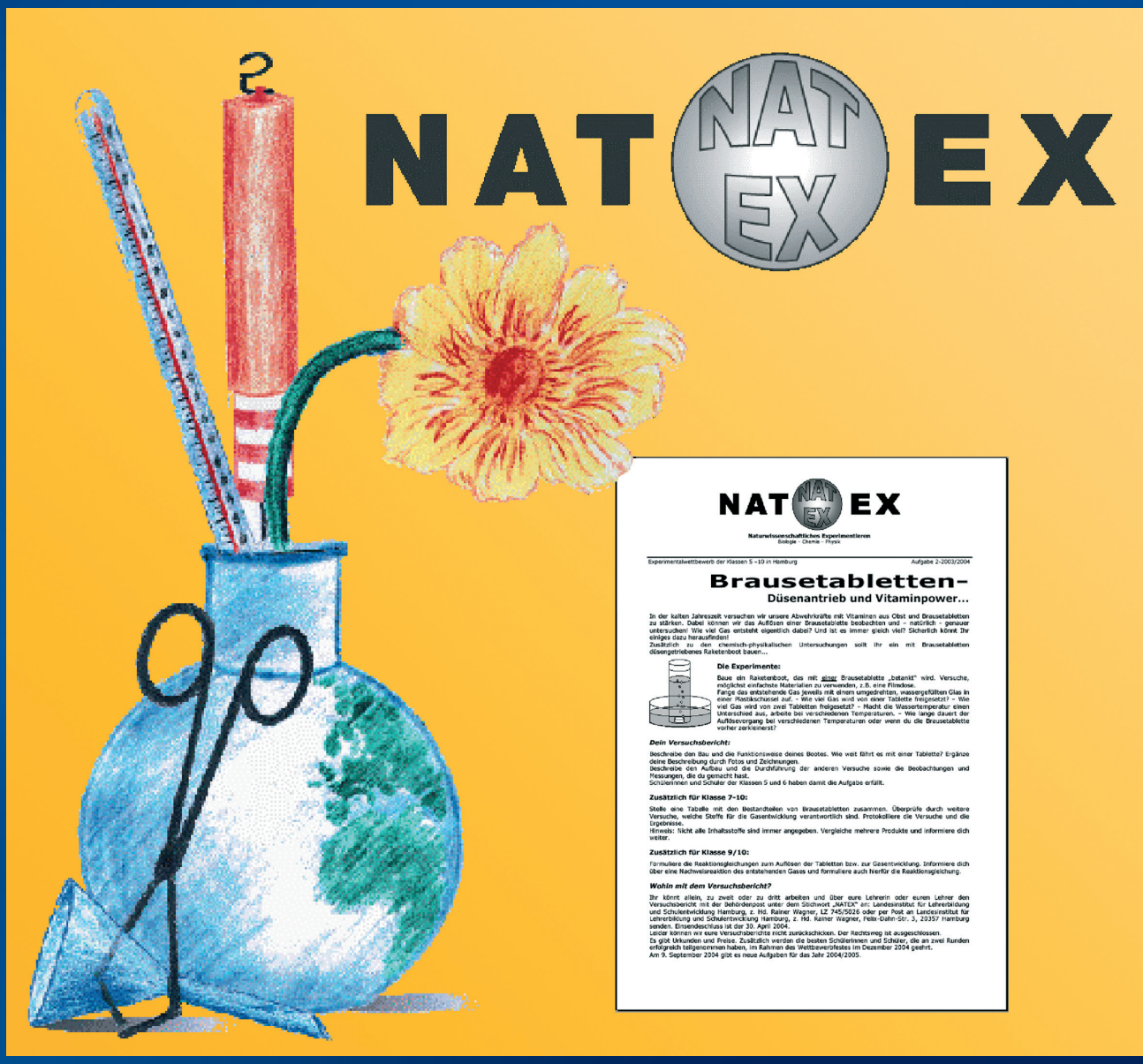
Schülerexperimente



NATEX: Aus Pisa lernen

Kompetenzförderung durch experimentelle Aufgaben

Behörde für Bildung und Sport

Inhalt

1. Vorwort 3

2. Kompetenzbereiche und KMK-Standards 4

3. Kompetenzförderung und Entwicklung von experimentellen Aufgaben 6
3.1 Aufgabe: Gasentwicklung von Brausetabletten
(„Brausetabletten – Düsenantrieb und Vitaminpower ...“) 7
Fragen an die Natur 8
Niveaustufen der Schülerantworten 10
3.2 Aufgabe: Wer rastet, der rostet? („Ros(t)ige Zeiten...“) 16
Fragen an die Natur 17
Niveaustufen der Schülerantworten 19
3.3 Aufgabe: Kunterbunte Pflanzenfarben
(„Indikatorfarbstoffe als Detektive“) 23
Fragen an die Natur 24
Niveaustufen der Schülerantworten 26
3.4 Aufgabe: Zucker und Salz – Zwillinge? 32
Fragen an die Natur 33
Niveaustufen der Schülerantworten 36

4 Der Wettbewerb NATEX in Hamburg 44
4.1 Entwicklung des Wettbewerbs 44
Wie läuft`s? 45
4.2 Die bisherigen Aufgaben des Wettbewerbs 45
Aufgabendeckblätter der bisherigen Aufgaben 46

5. Literaturverzeichnis 55

Impressum

Herausgeber:	Freie und Hansestadt Hamburg Behörde für Bildung und Sport Landesinstitut für Lehrerbildung und Schulentwicklung, Felix-Dahn-Str. 3, 20357 Hamburg
Redaktion:	Marlon Körper, Michael Plehn, Rainer Wagner (Landesinstitut, Arbeitsbereich Chemie)
NATEX-Team:	Rainer Wagner (Projektkoordination, Tel. 040-42801-2385; Labor: - 3571; E-Mail: rainer.wagner@li-hamburg.de) Biologie: Willi Kössler (†), Klaus Ohrner, Olaf Schmidt Chemie: Claudia Körper, Marlon Körper, Rainer Wagner Physik: Christian Kleinert, Oliver Liebenburg, Markus Ziebegk
Layout:	Tobias Emskötter
Auflage:	3.000 Exemplare

Hamburg, September 2006

Sehr geehrte Damen und Herren!

Ziel dieser Handreichung ist die Darstellung eines auf Kompetenzförderung ausgerichteten Ansatzes der Entwicklung experimenteller Aufgaben für den naturwissenschaftlichen Unterricht.

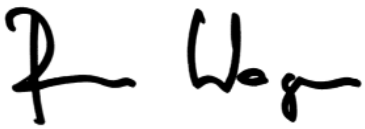
Anhand einiger bearbeiteter Aufgaben aus dem Hamburger Wettbewerb NATEX wird nicht nur exemplarisch ausgeführt, wie Kompetenzen als Kriterien der Aufgabenentwicklung genutzt werden können, sondern auch, wie eine Reihe unterschiedlicher Kompetenzen anhand eines naturwissenschaftlichen Inhalts bzw. einer einzigen NATEX-Aufgabe gefördert werden können.

Dabei wird, wie die Ergebnisse zeigen, das im Unterricht erworbene Wissen anwendungsfähig und das auf die Naturwissenschaften bezogene Interesse der Schülerinnen und Schüler geweckt oder gefördert.

Bei der Konzeption der vorliegenden Aufgabensammlung ist aus aktuellem Anlass – und gewissermaßen als Konsequenz aus den Ergebnissen von PISA – in zentralen Aspekten auf die von der KMK verabschiedeten Bildungsstandards Bezug genommen worden.

Einige der bisherigen NATEX-Aufgaben wurden exemplarisch didaktisch aufgearbeitet. Die ursprünglichen NATEX-Aufgaben finden Sie im Anhang. Da die Antworten der Schülerinnen und Schüler zu den NATEX-Aufgaben ergeben haben, dass für viele Schülerinnen und Schüler einige Teilaufgaben zu schwierig waren, wurden Maßnahmen zur Binnendifferenzierung angegeben. Damit soll erreicht werden, dass für alle Schülerinnen und Schüler eine Beschäftigung mit den bisherigen Aufgaben und das Finden einer Lösung ermöglicht wird.

Die Handreichung setzt die Tradition des Arbeitsbereiches Chemie am Landesinstitut für Lehrerbildung und Schulentwicklung fort, experimentelle Aufgaben zu entwickeln.



2. Kompetenzbereiche und KMK-Standards

Im Nachfolgenden werden exemplarisch die KMK-Bildungsstandards im Fach Chemie für den Mittleren Schulabschluss beschrieben. Die Standards in den Fächern Biologie und Physik entsprechen weitestgehend den Standards in der Chemie. Fachspezifische Unterschiede können gegebenenfalls in den Beschlüssen der Kultusministerkonferenz vom 16.12.2004 nachgelesen werden.

Die Bildungsstandards für den Mittleren Schulabschluss der Biologie, Chemie und Physik ordnen Kompetenzen den folgenden Bereichen zu:

- Fachwissen (F)
- Erkenntnisgewinnung (E)
- Kommunikation (K)
- Bewertung (B)

Im Kapitel 3 werden die insgesamt vier Kompetenzbereiche anhand von NATEX-Aufgaben beschrieben. Der Kompetenzbereich experimentelle Erkenntnisgewinnung (E) wurde bewusst in den Mittelpunkt gestellt, um zu zeigen, wie man Aufgaben zur experimentellen Erkenntnisgewinnung entwickeln kann und um rechtzeitig darauf aufmerksam zu machen, dass experimentelle Aufgaben im Rahmen von Aufgabensammlungen eine herausragende Bedeutung für den naturwissenschaftlichen Unterricht haben. Sie sollten sich sowohl in Lernaufgaben als auch in Prüfungsaufgaben wiederfinden!

KMK-Standards

Kompetenzbereich Fachwissen (F)
Chemische Phänomene, Begriffe, Gesetzmäßigkeiten kennen und Basiskonzepten zuordnen

Die Standards für den Kompetenzbereich Fachwissen werden nach den folgenden Basiskonzepten gegliedert:

- **F1** Stoff-Teilchen-Beziehungen (Teilchenkonzept)[1]:
  - F1.1 Die Schülerinnen und Schüler nennen und beschreiben bedeutsame Stoffe mit ihren typischen Eigenschaften
- **F2** Struktur-Eigenschafts-Beziehungen (Struktur-Eigenschafts-Konzept)
- **F3** Chemische Reaktion (Donator-Akzeptor-Konzept und Gleichgewichtskonzept)
  - F3.1 Die Schülerinnen und Schüler beschreiben Phänomene der Stoff- und Energieumwandlung bei chemischen Reaktionen
- **F4** Energetische Betrachtung bei Stoffumwandlungen (Energiekonzept)[2]

Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung (E)
Experimentelle und andere Untersuchungsmethoden sowie Modelle nutzen

Die Schülerinnen und Schüler ...

- **E1** erkennen und entwickeln Fragestellungen, die mit Hilfe chemischer Kenntnisse und Untersuchungen, insbesondere durch chemische Experimente zu beantworten sind
- **E2** planen geeignete Untersuchungen zur Überprüfung von Vermutungen und Hypothesen
- **E3** führen qualitative und einfache quantitative experimentelle und andere Untersuchungen durch und protokollieren diese
- **E4** beachten beim Experimentieren Sicherheits- und Umweltaspekte
- **E5** erheben bei Untersuchungen, insbesondere in chemischen Experimenten, relevante Daten oder recherchieren sie
- **E6** finden in erhobenen oder recherchierten Daten Trends, Strukturen und Beziehungen, erklären diese und ziehen geeignete Schlussfolgerungen
- **E7** nutzen geeignete Modelle (z.B. Atommodelle, Periodensystem der Elemente), um chemische Fragestellungen zu bearbeiten
- **E8** zeigen exemplarisch Verknüpfungen zwischen gesellschaftlichen Entwicklungen und Erkenntnissen der Chemie auf.

Kompetenzbereich Kommunikation (K)
Informationen sach- und fachbezogen erschließen und austauschen

Die Schülerinnen und Schüler ...

- **K1** recherchieren zu einem chemischen Sachverhalt in unterschiedlichen Quellen
- **K2** wählen themenbezogene und aussagekräftige Informationen aus
- **K3** prüfen Darstellungen in Medien hinsichtlich ihrer fachlichen Richtigkeit
- **K4** beschreiben, veranschaulichen oder erklären chemische Sachverhalte unter Verwendung der Fachsprache und/oder mit Hilfe von Modellen und Darstellungen
- **K5** stellen Zusammenhänge zwischen chemischen Sachverhalten und Alltagserscheinungen her und übersetzen dabei

[1] Die Unterpunkte (F 1.1 usw.) werden nur im Hinblick auf die folgenden NATEX-Aufgaben berücksichtigt.
[2] Die Begriffe in den Klammern entsprechen denen des Hamburger Rahmenplans.

bewusst Fachsprache in Alltagssprache und umgekehrt

- **K6** protokollieren den Verlauf und die chemischen Ergebnisse von Untersuchungen und Diskussionen in angemessener Form
- **K7** dokumentieren und präsentieren den Verlauf und die Ergebnisse ihrer Arbeit situationsgerecht und adressatenbezogen
- **K8** argumentieren fachlich korrekt und folgerichtig
- **K9** vertreten ihre Standpunkte zu chemischen Sachverhalten und reflektieren Einwände selbstkritisch
- **K10** planen, strukturieren, reflektieren und präsentieren ihre Arbeit als Team.

Kompetenzbereich Bewertung (B)
Chemische Sachverhalte in verschiedenen Kontexten erkennen und bewerten

Die Schülerinnen und Schüler...

- **B1** stellen Anwendungsbereiche und Berufsfelder dar, in denen chemische Kenntnisse bedeutsam sind
- **B2** erkennen Fragestellungen, die einen engen Bezug zu anderen Unterrichtsfächern aufweisen und zeigen diese Bezüge auf
- **B3** nutzen fachtypische und vernetzte Kenntnisse und Fertigkeiten, um lebenspraktisch bedeutsame Zusammenhänge zu erschließen
- **B4** entwickeln aktuelle, lebensweltbezogene Fragestellungen, die unter Nutzung fachwissenschaftlicher Erkenntnisse der Chemie beantwortet werden können
- **B5** diskutieren und bewerten gesellschaftsrelevante Aussagen aus unterschiedlichen Perspektiven
- **B6** binden chemische Sachverhalte in Problemzusammenhänge ein, entwickeln Lösungsstrategien und wenden diese an.

3. Kompetenzförderung und Entwicklung von experimentellen Aufgaben

Beim Entwickeln der Aufgaben waren nachfolgende Aspekte zu berücksichtigen:

- Besitzt die Aufgabe aufgrund ihres Kontextes Merkmale, die für die Schülerinnen und Schüler interessant und motivierend sind?
- Welche Kompetenzen werden beim Lösen der Aufgabe vorwiegend gefördert?

Es wird beschrieben, wie Kompetenzen als Kriterien der Aufgabenentwicklung genutzt werden können.

- Im Mittelpunkt der nachfolgenden Aufgaben steht der Kompetenzbereich experimentelle Erkenntnisgewinnung (E), wobei allerdings durchaus auch andere Kompetenzen angesprochen sein können, diese aber vergleichsweise einen geringeren Stellenwert haben und daher in der Regel nicht hervorgehoben werden.
- Welches Wissen und welche Materialen benötigen die Schülerinnen und Schüler zum Lösen dieser Aufgabe?
- Möglichkeiten zur Binnendifferenzierung.

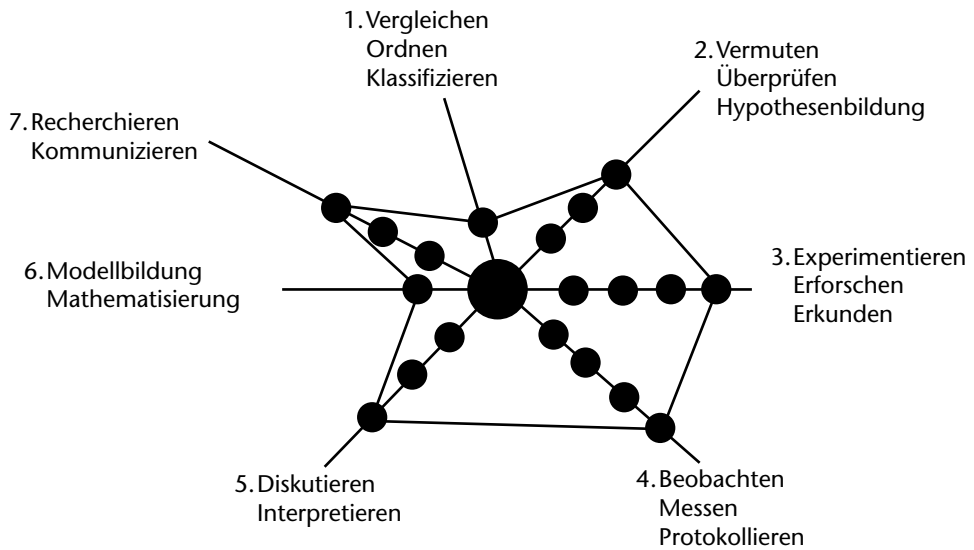
Die nachfolgenden Aufgabenstellungen in diesem Kapitel sind als Hilfe für Lehrkräfte gedacht. Aufgaben, die Schülerinnen und Schüler in der Schule bearbeiten, sollten dagegen möglichst offen sein; sofern zu Hause experimentiert wird, sind in der Regel detailliertere Fragestellungen und Versuchsanleitungen notwendig (s. a. NATEX-Aufgabenblätter im Anhang).

Die parallel zu den Aufgabenstellungen aufgeschlüsselten Kompetenzen sind gegebenenfalls auch für Schülerinnen und Schüler geeignet, um ihre erworbenen Fähigkeiten zu überprüfen. Es bietet sich an, derartige Kompetenzanalysen ebenso wie Urkunden aus dem NATEX-Wettbewerb in Portfolios zu übernehmen.

Die Ausführungen zu den einzelnen Aufgaben erheben keinen Anspruch auf Vollständigkeit; sie berücksichtigen lediglich die von den Schülerinnen und Schülern am häufigsten bearbeiteten Aspekte.

In den folgenden Beispielen wird zu Beginn eine Kompetenzleiste (F, E, K, B) aufgeführt, in der die für die Aufgaben besonders wichtige Kompetenz (hier vorwiegend E) fett dargestellt wird.
Eine andere Form der Darstellung ist die *Spinnennetz-Methode*[3].

Diese Methode dient hier der grafischen Darstellung der Ausprägung der Kompetenzen; sie kann aber auch ein Analyse-Instrument für die Akzentsetzungen des Unterrichts sein:



Die Darstellung verbindet die verschiedenen Formen des naturwissenschaftlichen Arbeitens miteinander und macht die besondere Ausprägung des Experimentierens (Erforschen, Erkunden) und des Beobachtens (Messen, Protokollieren) deutlich.

[3] Lutz Stäudel, Naturwissenschaftliches Arbeiten, S. 19, Friedrich Verlag, 2004

3.1 Aufgabe: Gasentwicklung von Brausetabletten

Kompetenzen: | F | E | *K* | B |

Aufgabe zur Förderung der Kompetenzen: Erkenntnisgewinnung und Kommunikation

Kontext: In der kalten Jahreszeit versuchen wir unsere Abwehrkräfte mit Vitaminen aus Obst und Brausetabletten zu stärken.
Dabei können wir das Auflösen einer Brausetablette beobachten und – natürlich – genauer untersuchen!

Brausetabletten –
Düsenantrieb und Vitaminpower

Aufgabe: Gasentwicklung von Brausetabletten

Aufgabenstellung	**Kompetenzen** Die Schülerinnen und Schüler ...
1. Plane Experimente, um das Gas zu identifizieren und führe diese durch!	nennen und beschreiben typische Eigenschaften (F1.1) **erkennen und entwickeln Fragestellungen *(E1)*** **planen geeignete Untersuchungen zur Überprüfung von Hypothesen *(E2)*** **führen qualitative Experimente durch und protokollieren diese *(E3)*** **beachten Sicherheitsaspekte *(E4)***
2. Eine, zwei oder drei Brausetabletten werden nacheinander in Wasser gelöst. Plane dazu ein Experiment, um das entstehende Gasvolumen möglichst genau zu bestimmen und führe dieses im Anschluss durch!	**planen geeignete Untersuchungen zur Überprüfung von Hypothesen *(E2)*** **führen quantitative Experimente durch und protokollieren diese *(E3)*** **beachten Sicherheitsaspekte *(E4)*** veranschaulichen chemische Sachverhalte mit Hilfe von Darstellungen *(K4)*
3. Entwickel eine begründete Vermutung zu überraschenden Beobachtungen, diskutiere und interpretiere diese!	protokollieren den Verlauf und die Ergebnisse *(K6)* argumentieren fachlich korrekt und folge-richtig *(K8)* vertreten Standpunkte und reflektieren selbstkritisch *(K9)* planen, strukturieren, reflektieren und präsentieren ihre Arbeit *(K10)*
Zusatzaufgabe: *Baue ein Raketenboot mit Düsenantrieb!*	nutzen fachtypische und vernetzte Kenntnisse und Fertigkeiten, erschließen Zusammenhänge (*B3*) binden chemische Sachverhalte in Problemzusammenhänge ein, entwickeln Lösestrategien und wenden diese an *(B6)*

Vorschläge zur Binnendifferenzierung:
Bei Bedarf sollte eine Tabelle zur Löslichkeit von Gasen in Wasser bereitgestellt werden:

Name des Gases	Maximale Löslichkeit bei 20°C [g /L]
Kohlenstoffdioxid	ca. 1,7
Sauerstoff	0,044
Stickstoff	0,019

Materialien für praktisches Arbeiten

- Bechergläser, pneumatische Wanne o.ä.
- Stand- oder Messzylinder, Reagenzgläser o.ä.
- Luftballons
- Brausetabletten
- Stoppuhr
- Kerzen

Materialien für die Zusatzaufgabe

- Film- oder Brausetablettendosen
- Düsen z. B. Ventile, Trinkhalme o.ä.
- Styropor o. ä.

Je nach Leistungsstand der Schülerinnen und Schüler können Beobachtungen zum Gasvolumen in Tabellenform oder als Diagramm visualisiert und kritisch reflektiert werden.

Leistungsschwache Schülerinnen und Schüler sollten auf die Lösung der Teilaufgabe 3 verzichten, aber dafür Hilfestellung zur Realisierung der Zusatzaufgabe „Bau eines Bootes mit Düsenantrieb“ erhalten.

Im Zusammenhang mit der Aufgabe bietet es sich an, nachfolgende Fragen an die Natur zu stellen:

	Fragen an die Natur	**Hypothese**	**Experiment**
A	Was passiert bei Eingabe von Brausetabletten in Wasser?	Die Brausetablette löst sich auf; es bildet sich ein Gas (mehrere Gase).	Zugabe einer Brausetablette in ein großes, mit ausgekochtem Wasser gefülltes Glas.
B	Welches Gas (welche Gase) entstehen?	Bei den entstehenden Gasen handelt es sich um Sauerstoff, Stickstoff, Kohlenstoffdioxid.	Überprüfung der Gase mit einer Kerze, der Glimmspanprobe, mit Kalkwasser.
C	Entsteht immer gleich viel Gas?	Die entwickelte Gasmenge ist immer gleich.	Auffangen des Gases in einem Glas mit Volumenmarkierungen, mehrere Durchführungen und Vergleich der Volumina.
D	Hängt die entwickelte, aufgefangene Gasmenge von der Wassertemperatur ab?	Je wärmer das Wasser ist, desto mehr Gas entwickelt sich.	Wiederholung der Versuche bei verschiedenen Wassertemperaturen.
E	Wieviel Gas bildet sich beim Auflösen von 1, 2, 3 Tabletten?	Das Gasvolumen verdoppelt bzw. verdreifacht sich.	Durchführung des Versuches mit 1, 2, 3 Tabletten.
F	Bildet sich gleichviel Gas beim gleichzeitigen bzw. sukzessiven Auflösen von 2 Tabletten?	Die Gasmenge bleibt gleich.	Durchführung des Versuches mit gleichzeitigem bzw. sukzessivem Auflösen von 2 Tabletten.
G	Erfolgt die Gasentwicklung gleichmäßig oder zeitlich unterschiedlich?	Die Gasentwicklung erfolgt zeitlich gleichmäßig.	Wiederholung des Versuchs: Messung von Volumen in Abhängigkeit von der Zeit.
H	Hängt die Gasentwicklung zeitlich vom Zerteilungsgrad der Tablette ab?	Eine zerkleinerte Tablette entwickelt schneller Gas als eine ganze Tablette.	Wiederholung des Versuchs mit zerkleinerter Tablette.

Weitere mögliche Fragen:

- Welche Bestandteile der Brausetablette (siehe Packungshinweise) sind für die Gasentwicklung verantwortlich?
- Ist die Brausetabletten-Lösung sauer? Welcher Bestandteil ist für die „Sauerkeit“ verantwortlich?
- Wie unterscheiden sich die verschiedenen Brausetabletten?
- Welche Gasmengen entstehen bei der Auflösung von Tabletten verschiedener Hersteller? usw.

Protokollieren der Versuchsergebnisse (Tabellen, Diagramme usw.)	**Versuchsergebnisse**
zu A	Nach Zugabe der Tablette zu Wasser steigen Blasen auf.
zu B	Die Kerzenflamme erlischt. Die Glimmspanprobe verläuft negativ. Kalkwasser wird getrübt.
zu C	Die entwickelte Gasmenge ist etwa gleich.
zu D	Bei höherer Wassertemperatur ist die aufgefangene Gasmenge größer.
zu E	Es entsteht bedeutend mehr als das doppelte bzw. dreifache Gasvolumen.
zu F	Beim gemeinsamen Auflösen von 2 Tabletten wird etwas mehr Gas aufgefangen.
zu G	Die Gasentwicklung verläuft ungleichmäßig. Zunächst wird wenig Gas aufgefangen. Nach einiger Zeit nimmt das Gasvolumen stark zu.
zu H	Eine zerkleinerte Tablette entwickelt schneller Gas als eine ganze Tablette.

Diskutieren, Interpretieren der Versuchsergebnisse	
zu A	Bei Zugabe einer Tablette zu Wasser bildet sich ein Gas (chemischer Vorgang). Brausetabletten enthalten meist Citronensäure. ($NaHCO_3 + H^+(aq) \rightarrow 2\ Na^+ + H_2O + CO_2 \uparrow$) Die stärkere Säure (Citronensäure) vertreibt die schwächere Säure („Kohlensäure“)
zu B	Die positive Kalkwasser-Probe und das Erlöschen der Kerzenflamme weisen auf Kohlenstoffdioxid hin. ($Ca(OH)_2 + CO_2 \rightarrow CaCO_3 + H_2O$) Bei Entwicklung von Sauerstoff müsste die Glimmspanprobe positiv verlaufen. Das Verlöschen der Kerzenflamme könnte auch durch Stickstoff verursacht werden. Das Verhandensein von Stickstoff kann weder belegt noch ausgeschlossen werden.
zu C	Alle Tabletten enthalten etwa die gleiche Menge an gebundenem Kohlenstoffdioxid.
zu D	Ein Teil des Gases löst sich im Wasser (physikalischer Vorgang). Die Löslichkeit der Gase nimmt bei höheren Wassertemperaturen ab, daher wird mehr Gas ausgetrieben.
zu E	Kohlenstoffdioxid wird zunächst bis zur Sättigung in Wasser gelöst. Die überschüssige Gasmenge steigt aus dem Wasser auf und wird aufgefangen. Aufgrund dieser Sättigung entwickelt sich aus 2 (3) Tabletten mehr als das doppelte (dreifache) Volumen.
zu F	Kohlenstoffdioxid (1. Tablette) verdrängt einen Teil des Wassers. Das verminderte Volumen des Wassers beeinflusst das Ergebnis.
zu G	Die Volumen-Zeit-Messung bestätigt G. Zunächst löst sich das Kohlenstoffdioxid bis zur Sättigung im Wasser, so dass wenig Gas aufgefangen wird. Würde auch Stickstoff freigesetzt werden, müsste dieser Effekt aufgrund der geringen Löslichkeit von Stickstoff in Wasser abgeschwächt sein. Nach erfolgter Sättigung steigt das aufgefangene Gasvolumen stark an.
zu H	Eine zerkleinerte Tablette entwickelt aufgrund der vergrößerten Oberfläche schneller Gas.

Niveaustufen der Schülerantworten

Niveaustufen der Fragen:

Beispiele:

Niedriges Niveau:
Viele Schülerinnen und Schüler entwickeln keine Fragen nach den Hintergründen der Versuche. Es wird nur teilweise auf die im Aufgabenblatt gestellten Fragen eingegangen.

Hohes Niveau:

Entsteht beim Auflösen einer Brausetablette immer die gleiche Menge Gas?
- Spielt die Größe des Versuchsergebnisses eine Rolle?
- Spielt es eine Rolle, ob das umgebende Gefäß mehr oder weniger Wasser enthält?
- Hat die Temperatur einen Einfluss auf die Gasmenge und die Geschwindigkeit der Gasentwicklung?
- Gibt es Unterschiede durch die Form der Brausetabletten:
- eine ganze Tablette, zwei Tabletten, vier Vierteltabletten oder zu Pulver zerkleinerte Tablette?
- Welche Gasmengen entstehen bei Auflösung von einer Tablette, von zwei und drei Tabletten?
- Welche Gasmengen entwickeln sich aus Tabletten verschiedener Hersteller?

(aus dem Schülerprotokoll, Schüler, 5. Klasse)

Der Schüler entwickelt – beachtlich für die Klassenstufe – eigenständig Fragen, die über die ursprüngliche Aufgabenstellung hinausgehen. So macht er sich zu Recht Gedanken, ob die Größe des Versuchsgefäßes, die Wassermenge und die Tabletten unterschiedlicher Hersteller eine Rolle spielen.

Niveaustufen der Hypothesen:

Niedriges Niveau:
Auffällig ist, dass viele Schülerinnen und Schüler unabhängig von der Klassenstufe zwar gute Fragestellungen entwickeln, aber keine Vorhersagen („Hypothesen“) über die zu erwartenden Versuchsergebnisse anstellen.

Hohes Niveau:

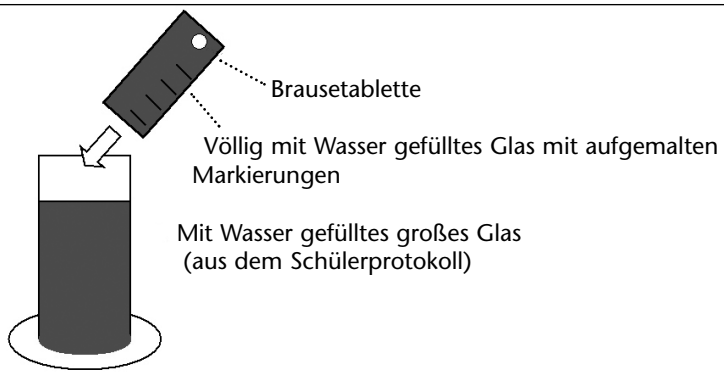
Man glaubt eigentlich zunächst, dass sich beim Auflösen von einer Tablette, von zwei Tabletten oder sogar drei Tabletten die einfache, doppelte, dreifache Menge Gas entwickelt.
Weil das zu einfach wäre, nehme ich an, dass das falsch gedacht ist. Bei der 1. Tablette löst sich das meiste Gas in Wasser auf, nur ein Teil ist über dem Wasser. Bei der 2. Tablette können wir mehr als das Doppelte auffangen, weil sich im Wasser nichts mehr lösen kann. Bei der 3. Tablette müsste die Gasmenge wie bei der 2. Tablette sein.

(aus dem Schülerinnenprotokoll)

Die Schülerin (5. Klasse) vermutet zu Recht, dass sich beim naturwissenschaftlichen Arbeiten die 1. Annahme oft als falsch herausstellt. Erstaunlich ist, dass sie nicht nur über eine Volumenzunahme („mehr als das Doppelte“) nachdenkt, sondern auch zu einer richtigen Deutung („lösen“) kommt. Auch für das Auflösen der 3. Tablette entwickelt sie eine schlüssige Hypothese.

Niveaustufen der experimentellen Lösungen:

Niedriges Niveau:



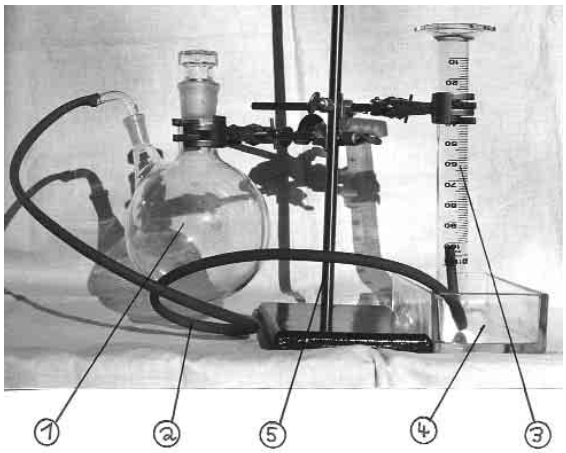
Der Schüler (6. Klasse) macht sich offensichtlich keine Gedanken darüber, wie er das Gefäß mit der Brausetablette in das größere Glas ohne Wasser- und Gasverlust überführen kann.

Einige Schülerinnen und Schüler erwähnen immerhin, dass sie das kleinere Glas mit ihrer Innenhandfläche verschlossen und sehr schnell in das größere Gefäß gestellt haben.

Andere sind auf die Idee gekommen, die Luft im kleineren Glas nach dem Einstellen in das größere Gefäß mit einem Strohhalm abzusaugen, wobei Wasser einströmen sollte. Dies ist nur ansatzweise gelungen.

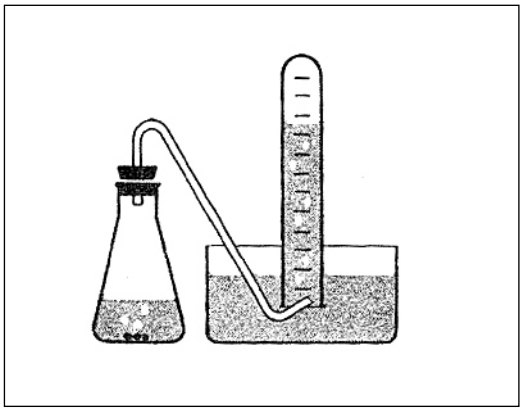
Einige Jugendliche beschreiben das Experiment ohne dass deutlich wird, wie das kleinere Gefäß ohne Verluste in das größere gebracht wurde. Andere Experimentatoren klammern das Problem ganz aus, verzichten auf die Bestimmung der Gasvolumina und beschränken sich auf qualitative Beobachtungen in einem Glas.

Hohes Niveau:



(aus dem Schülerprotokoll: 1=Rundkolben, 2=Gummischlauch,3=Messzylinder, 4=Glaswanne, 5= Stativ zur Befestigung)

Die beiden Schüler (6. Klasse) entwickeln zunächst mit Hilfe einer Chemiesammlung eine etwas komplizierte Apparatur und dokumentieren diese mit einem Foto. Dabei stellten sie durch Experimente fest, dass es Probleme mit der Abschätzung der Luftmengen im großen Rundkolben und in den langen Gummischlauchverbindungen gibt. Daher modifizierten sie ihren Aufbau, in dem sie versuchten, die Luft vor Beginn des Experimentes mit Hilfe eines Kolbenprobers abzuziehen. Schließlich konzipierten sie eine 2. Apparatur, mit der die Luftmenge minimiert wurde. Gleichzeitig rückten sie von der unübersichtlichen Dokumentation durch ein Foto ab und fanden eine einfachere Darstellungsform.



(aus dem Schülerprotokoll)

Niveaustufen der Dokumentation der quantitativen Versuchsergebnisse:

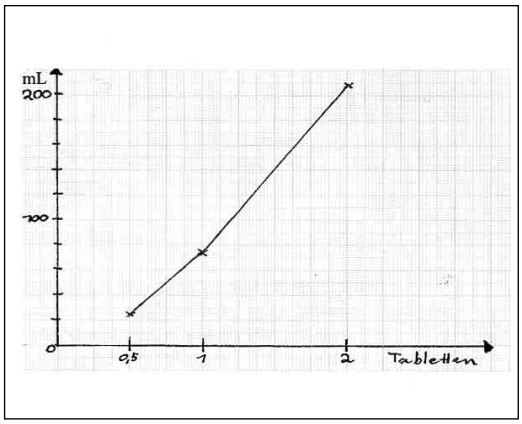
Niedriges Niveau:
Einige Schülerinnen und Schüler haben ihre Versuchsergebnisse zum Teil unübersichtlich in eine reine Textform gebracht.

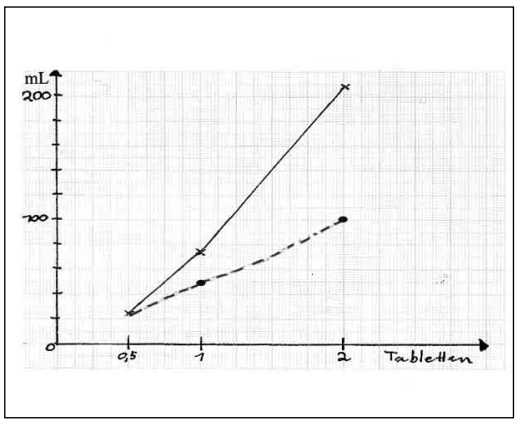
Hohes Niveau:
Ein höheres Maß der Dokumentationsfähigkeit (Lesekompetenz: Umgang mit nichtkontinuierlichen Texten) stellt die Erfassung von Daten in Tabellenform dar. Zu dieser Form haben sich die meisten Schülerinnen und Schüler entschlossen.

Tabelle 1	Gasentwicklung bei einer Wassertemperatur von 16 Grad C		
Zahl der Tabletten	0,5	1	2
Gesamtvolumen (mL)	25	73	206
Gasvolumen, welches sich daraus theoretisch für 1 Tablette ergäbe	50	73	100

(aus dem Schülerprotokoll)

Die beiden Schüler (6. Klasse) haben die ursprüngliche Aufgabenstellung dadurch erweitert, dass sie auch mit einer halben Tablette arbeiten. Beachtenswert ist auch, dass sie die theoretischen Gasvolumina berechnet haben, so dass die Diskrepanz zwischen theoretischen und tatsächlichen Versuchsergebnissen besonders deutlich wird. Allerdings machen die Jugendlichen einen Gedankensprung, indem sie zwar die Ergebnisse für eine halbe Tablette zur Bezugsgröße (eine Tablette) verdoppeln (von 25 zu 50 mL), andererseits in ihrer Berechnung für zwei Tabletten von diesem Weg abgehen (4 mal 25=100 mL anstelle von 103 mL).





(aus dem Schülerprotokoll)

Obige Schüler bringen ihre Versuchsergebnisse auch in ein Kurvendiagramm, wodurch der Anstieg der Gasvolumina besonders deutlich wird.

Sinnvoll wäre es auch gewesen, die theoretisch errechneten Werte in obige Grafik zum Vergleich einzutragen.

Grafik zur Tabelle 1, ergänzt durch die Kurve für die theoretisch errechneten Volumina (- - -)

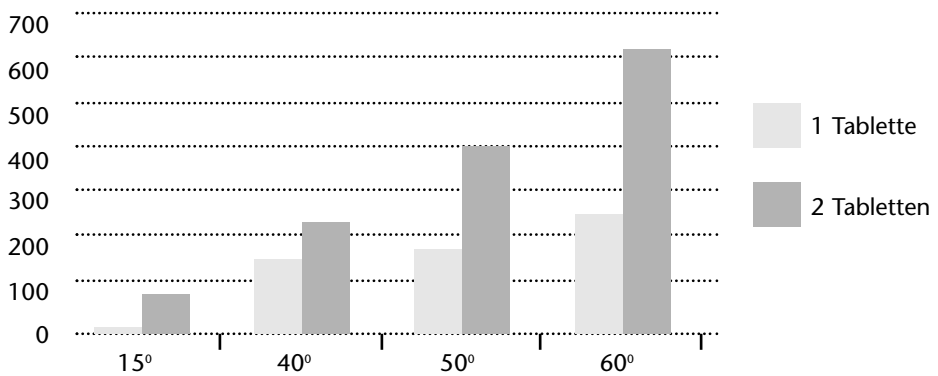
Eine weitere, noch anspruchsvollere Form der grafischen Darstellung stellen zum Beispiel Säulendiagramme dar.

Versuchsergebnisse in Tabellenform

Tablettentyp	Anzahl der Tabletten	Wasser-temperatur	Freigesetzte Gasmenge
Magnesium	1	15°	10 mL
Magnesium	2	15°	90 mL
Magnesium	1	40°	152 mL
Magnesium	2	40°	225 mL
Magnesium	1	50°	175 mL
Magnesium	2	50°	400 mL
Magnesium	1	60°	250 mL
Magnesium	2	60°	610 mL

Die drei Schüler (9. Klasse) zeichnen nicht nur ein Säulendiagramm für die Voluminaentwicklung von einer und zwei Tabletten sondern berücksichtigen im gleichen Diagramm auch noch unterschiedliche Reaktionstemperaturen; dies stellt einen noch höheren Grad an Abstraktionsvermögen dar.

Versuchsergebnisse für die Magnesiumbrausetabletten in Form eines Säulendiagramms



Niveaustufen der Schlussfolgerungen:

Niedriges Niveau:
Einige Schülerinnen und Schüler bekommen zwar richtige Versuchsergebnisse (z. B. hinsichtlich der Volumenzunahme), entwickeln aber keine Ansätze zur Deutung bzw. stellen wenig zwingende oder falsche Schlussfolgerungen.

Ich fand es interessant, dass sich die Gasmengen viel mehr als verdoppelt oder verdreifacht haben.
Ich glaube die Ursache dafür ist die Konzentration der Reaktionsstoffe.
Vielleicht müsste man zwei Tabletten in die doppelte Menge Wasser tun, um auch genau die dopplete Menge Gas zu enthalten wie von einer Tablette.

(aus dem Schülerprotokoll)

Die beiden Schüler (5. Klasse) bleiben in ihrer Deutung mit dem Hinweis auf die „Konzentration der Reaktionsstoffe“ sehr vage. Allerdings entwickeln sie ihre Gedanken mit der Idee einer Verdopplung der Wassermenge gut weiter.

Andere Schüler (6. Klasse) haben bereits von der Komprimierbarkeit von Gasen gehört, wenden diese aber falsch auf ihre Versuchsergebnisse an.

Das Ergebnis könnte daran liegen, dass sich die Gase komprimieren lassen und deshalb am Anfang (1. Tablette) im Messzylinder das Gas „dichter gepackt“ ist und sich bei einer größeren Tablettenmenge (2., 3. Tablette) stärker ausdehnt.

(aus dem Schülerprotokoll)

Hohes Niveau:
Die bereits oben erwähnte Schülerin (5. Klasse) fand ihre ursprüngliche Vermutung durch die experimentellen Ergebnisse vollständig bestätigt.

Bei der 1. Tablette löst sich das meiste Gas im Wasser auf, nur ein Teil sammelt sich über dem Wasser. Bei der 2. Tablette konnte ich mehr als das Doppelte auffangen, weil sich im Wasser nichts mehr lösen konnte. Das Wasser ist mit Gas (Kohlenstoffdioxid) gesättigt.
Meine ursprüngliche Vermutung hat sich bestätigt.

(aus dem Schülerprotokoll)

3.2 Aufgabe: Wer rastet, der rostet?

Aufgabe zur Förderung der Kompetenzen: Erkenntnisgewinnung und Kommunikation

Wer rastet, der rostet?
Ros(t)ige Zeiten ...

Aufgabe: Untersuchungen zum Rosten

Kompetenzen: | F | **E** | K | B |

Kontext: Ungeschützte Gegenstände aus Eisen, die man offen an der Luft liegen lässt, rosten innerhalb kurzer Zeit. Jährlich verrosten weltweit etwa 300 Millionen Tonnen Eisen, ein Drittel der Weltjahresproduktion! Grund genug, das Rosten einmal näher zu untersuchen!

Aufgabenstellung	**Kompetenzen** Die Schülerinnen und Schüler ...
1. Entwickle Versuchsanordnungen, mit denen du überprüfen kannst, wie es sich mit dem Rosten eines Eisennagels in verschiedenen Flüssigkeiten verhält (z. B. Leitungswasser, Cola, Salzwasser, Zitronensaft).	- **erkennen und entwickeln Fragestellungen *(E1)*** - **planen geeignete Untersuchungen zur Überprüfung von Hypothesen *(E2)*** - beschreiben Phänomene der Stoff- und Energieumwandlung bei chemischen Reaktionen (F3.1) - **führen qualitative Experimente durch und protokollieren diese *(E3)*** - protokollieren den Verlauf und die Ergebnisse (K6)
2. Untersuche, wie sich die Elastizität einer Kugelschreiberfeder beim Rosten verändert. Teste dazu ihre Längenveränderung bei gleicher Belastung über einen längeren Zeitraum des Rostens immer wieder.	- **planen geeignete Untersuchungen zur Überprüfung von Hypothesen *(E2)*** - **führen quantitative Experimente durch und protokollieren diese *(E3)*** - beschreiben Phänomene der Stoff- und Energieumwandlung bei chemischen Reaktionen (F3.1) - veranschaulichen chemische und physikalische Sachverhalte mit Hilfe von Darstellungen (K4)
3. Überprüfe, wie sich weitere Metalle unter den Bedingungen von Aufgabe 1. verhalten (z. B. Aluminium, Kupfer, Zink, Zinn).	- protokollieren den Verlauf und die Ergebnisse (K6) - **führen qualitative Experimente durch und protokollieren diese *(E3)*** - planen, strukturieren, reflektieren und präsentieren ihre Arbeit (K10)
Zusatzaufgabe: *Stelle Strategien zur Rostbekämpfung vor!*	- recherchieren zu einem chemischen Sachverhalt in unterschiedlichen Quellen (K1) - stellen Zusammenhänge zwischen chemischen Sachverhalten und Alltagserscheinungen her und übersetzen dabei bewusst Fachsprache in Alltagssprache und umgekehrt (K5) - binden chemische Sachverhalte in Problemzusammenhänge ein (B6)

Vorschläge zur Binnendifferenzierung:

Für die Bearbeitung der 2. Aufgabe (Rosten einer Feder) sollte den leistungsschwachen Schülerinnen und Schülern der Hinweis auf das entsprechende Kapitel im Physikbuch gegeben werden. Entsprechend leistungsstarke Jugendliche können den 3. Versuch (Untersuchung mehrerer Metalle) erweitern, indem sie verschiedene Metalle gleichzeitig in die Flüssigkeit tauchen.

Materialien für praktisches Arbeiten	Materialien für die Zusatzaufgabe
• Bechergläser oder Reagenzgläser • verschiedene alltägliche Flüssigkeiten • Eisen und weitere Gebrauchsmetalle	• Lexika • Chemiefachliteratur • Internet

Im Zusammenhang mit der Aufgabe bietet es sich an, nachfolgende Fragen an die Natur zu stellen:

	Fragen an die Natur	**Hypothese**	**Experiment**
A	Welche Stoffe rosten?	Nur Metalle rosten.	Metalle (z. B. Eisennagel) und Nichtmetalle (z. B. Plastik) in Wasser legen.
B	Rosten alle Metalle?	Nur unedle Metalle rosten.	Unedle Metalle (z. B. Eisennagel usw.) und andere Metalle (z. B. Kupfer) in Wasser legen.
C	Von welchen Bedingungen hängt das Rosten ab?	Rosten ist von Wasser und der Luft abhängig.	Vergleich: Eisennagel in einem offenen Gefäß in Wasser stellen bzw. in ein bis zum Rand mit ausgekochtem Wasser gefülltes, verschlossenes Glas legen.
D	Beeinflusst die Temperatur das Rosten?	Bei höherer Temperatur wird das Rosten beschleunigt.	Vergleich: Eisennagel in kaltem Wasser (Kühlschrank) bzw. in warmem Wasser aufbewahren.
E	Hängt das Rosten vom Salzgehalt des Wassers ab?	Ein höherer Salzgehalt beschleunigt das Rosten.	Eisennagel in Salzwasser legen.
F	Hängt das Rosten von der „Sauerkeit“ („Säuregrad“, vergl. pH-Wert) ab?	Säuren verhindern das Rosten, können aber zum Teil selbst mit dem Metall reagieren.	Vergleich: Eisennagel in Leitungswasser bzw. in Zitronensäure (Saft einer Zitrone), stark verd. Salzsäure usw. legen.
G	Rostet ein unedles Metall auch in nichtwässrigen Flüssigkeiten?	Nichtwässrige Flüssigkeiten verhindern das Rosten.	Eisennagel in Cola, Brennspiritus (Alkohol) legen.
H	Was passiert, wenn sich zwei unterschiedliche Metalle in Wasser berühren?	Das Rosten wird beschleunigt.	Vergleich: Zink/Eisen getrennt und gemeinsam in Wasser bringen.
I	Wie verändert sich eine mit einem Gewicht belastete Stahlfeder (z. B. aus einem Kugelschreiber) beim Rosten?	Die Feder wird durch das Rosten dünner und gibt dem Gewicht stärker nach, d.h. sie wird länger.	Mit Gewicht belastete Feder in Wasser bringen, Federlänge tageweise messen.

Weitere mögliche Fragen:

- Was ist „Rost“?
- Was versteht man unter Korrosion?
- Wie kann man das Rosten verhindern?
- Warum rostet verzinktes, verzinntes, verchromtes oder mit Aluminium überzogenes Eisen nicht?
- Warum rostet verchromtes Eisen nach einer Verletzung der Chromschicht stärker als unverchromtes Eisen?
- Was rostet an meinem Fahrrad?
- Was hat eine Taschenlampenbatterie mit dem Rosten zu tun?
- Warum läuft eine Taschenlampenbatterie nach einiger Zeit aus?

Protokollieren der Versuchsergebnisse (Tabellen, Diagramme usw.)	**Versuchsergebnisse**
zu A	Der Eisennagel fängt an zu rosten; das Plastikteilchen bleibt unverändert.
zu B	Eisen fängt an zu rosten (Bildung einer bräunlichen Rostschicht); Kupfer bleibt unverändert.
zu C	Der Eisennagel rostet (s. A); das Rosten tritt verstärkt an der Grenzfläche Wasser-Luft auf. In abgeschlossenem, ausgekochten Wasser tritt das Rosten nicht bzw. stark verzögert auf.
zu D	In warmem Wasser verläuft das Rosten schneller.
zu E	Der Eisennagel rostet schneller und stärker.
zu F	Der Eisennagel in stark verd. Salzsäure rostet schneller. In Zitronensaft ist dies nicht deutlich zu beobachten.
zu G	Der Eisennagel rostet in Brennspiritus nicht, in Cola überzieht er sich mit einer dunklen Schicht.
zu H	Das Rosten wird beschleunigt.
zu I	Die Feder fängt an zu rosten und wird bei Belastung länger.

Diskutieren, Interpretieren der Versuchsergebnisse	
zu A	Eisen reagiert mit dem Wasser und der Luft; es wird oxidiert und rostet (Bildung von braunem Eisenoxidhydrat). Plastik wird von Wasser nicht angegriffen.
zu B	Eisen ist ein unedles Metall und fängt im Wasser an zu rosten. „Eisen-Rost“ bröckelt leicht ab, so dass das unter dem Rost liegende Eisen weiterrostet. Kupfer ist ein halbedles Metall, das sich im Wasser nicht verändert. Andere unedle Metalle (z. B. Aluminium, Zink, Zinn usw.) rosten auch; ihre Rostschicht haftet aber fest auf der Oberfläche und verhindert das Durchrosten.
zu C	Eisenpfähle von Brücken u.ä. rosten an der Wasseroberfläche am stärksten. Zum Rosten ist Wasser und Luft (Sauerstoff) notwendig.
zu D	Chemische Vorgänge werden durch Erwärmung (s. Aktivierungsenergie) beschleunigt.
zu E	Salz (z. B. Kochsalz) begünstigt das Rosten. Salz erhöht die Leitfähigkeit des Wassers, Chloridionen wirken als Katalysator. Metalle werden von Meerwasser (z. B. Schiffsrümpfe) besonders stark angegriffen.
zu F	Verdünnte Säuren begünstigen das Rosten, stärkere Säuren lösen unedle Metalle auf. Zitronensaft scheint das Rosten durch seine Inhaltsstoffe zu verhindern oder zu verzögern.
zu G	Brennspiritus enthält nur wenig Wasser, wodurch das Rosten verhindert bzw. stark verzögert wird. In Cola lagert sich beim Verdunsten vermutlich Karamelzucker auf dem Eisennagel ab, wodurch ein Rosten verhindert wird. Die in Cola enthaltene Phosphorsäure verhindert das Rosten (verg. Rostschutz durch „Phosphatierung“).
zu H	Wenn sich zwei verschiedenartige Metall berühren bildet sich ein sogenanntes "Lokalelement", wobei es zum Rosten (Korrosion) kommt. Stellen, an denen sich zwei verschiedene Metalle direkt unisoliert berühren (z. B. Zinkdachrinne – Kupferfallrohr, Aluminiumschraube in Messingblech, Stahl-Fahrradrahmen – Chromlack usw.) kommt es besonders leicht zur Korrosion.
zu I	Die Feder wird durch Rosten dünner, verliert ihre Spannkraft und gibt dem Gewicht stärker nach.

Niveaustufen der Schülerantworten

Niveaustufen der Fragen:

Beispiele:

Niedriges Niveau:
Viele Schülerinnen und Schüler führen die im Aufgabenblatt vorgegebenen Versuche durch, ohne sich mit einer gezielten Fragestellung die Hintergründe ihre Experimente zu verdeutlichen.

Hohes Niveau:

Welche Metalle rosten in unterschiedlichen Flüssigkeiten am besten (unedle und edle Metalle, Leitungswasser und Salzwasser, Zitronensaft, Cola)?
In welchen Flüssigkeiten rostet Eisen am schnellsten: in Leitungswasser, Salzwasser, Zitronensaft, Cola, Seifenlauge?
Was passiert, wenn man einen Stahlnagel zusammen mit einer Messingschraube in Wasser hängt und sich beide Teile stark berühren?
Hängt das Rosten außer von Wasser auch von der Luft und dem Licht ab?
Welchen Einfluss hat der Salzgehalt des Wassers auf das Rosten?
Wie verhält sich eine Kugelschreiberfeder beim Rosten mit verschiedenen Gewichten?

(aus den Schülerprotokollen: von oben nach unten: 2 Schüler, 9. Klasse; 2 Schülerinnen, 10. Klasse; 2 Schülerinnen, 10. Klasse; 1 Schülerin, 5. Klasse; 3 Schülerinnen, 9. Klasse; 2 Schüler, 7. Klasse)

Die beiden Schüler (9. Klasse) entwickeln Fragen, die sich aber noch sehr eng an den vorgegebenen Rahmen der Aufgaben halten.

Die beiden Schülerinnen (10. Klasse) dehnen die ursprüngliche Fragestellung auf Seifenlauge als Gegensatz (Base/Säure) zum Zitronensaft aus.

Die beiden Schülerinnen (10. Klasse) haben altersgemäß offensichtlich Vorwissen über Lokalelemente und erweitern daher folgerichtig ihre Versuche.

Die Schülerin (5. Klasse) geht aufgrund ihrer Erfahrung davon aus, dass Wasser zum Rosten notwendig ist und ergänzt ihre Fragestellung sinnvoll auf möglichen Luft- und Licht-Einfluss, eine für die Klassenstufe beachtenswerte Erweiterung.

Die drei Schülerinnen (9. Klasse) wollen nicht nur im Sinne der Aufgabenstellung untersuchen, ob Salzwasser überhaupt einen Einfluss auf das Rosten hat, sondern erweitern ihre Experimente naturwissenschaftlich angemessen auf den Vergleich von Salzlösungen verschiedener Konzentration.

Die beiden Schüler (7. Klasse) ergänzen die Aufgabenstellung sinnvoll indem sie die rostende Feder mit unterschiedlichen Gewichten beschweren; interessant wäre es gewesen, wenn sie die Belastungsgrenze der Feder vor und nach dem Rosten untersucht hätten.

Niveaustufen der Hypothesen:

Niedriges Niveau:
Auffällig ist, wie auch bei anderen Aufgaben, dass viele Schülerinnen und Schüler unabhängig von der Klassenstufe zwar gute Fragestellungen entwickeln, aber keine Vorhersagen ("Hypothesen") über die zu erwartenden Versuchsergebnisse anstellen.

Hohes Niveau:

Metalle rosten in Salzwasser schneller und stärker als in Leitungswasser.
Der Eisennagel wird in Zitronensaft blank werden. Man benutzt Zitronensaft auch zum Putzen.
Das Eisen wird in Cola stark rosten (Cola löst sogar Fleisch auf).
Die verrostete Feder wird schrumpfen und sie wird sich bei Belastung stärker ausdehnen.
Wer rostet stärker und schneller: ein Eisennagel oder Eisenwolle?

(aus den Schülerprotokollen: 1 Schüler, 5. Klasse; 3 Schülerinnen, 9. Klasse; 2 Schüler (9. Klasse)

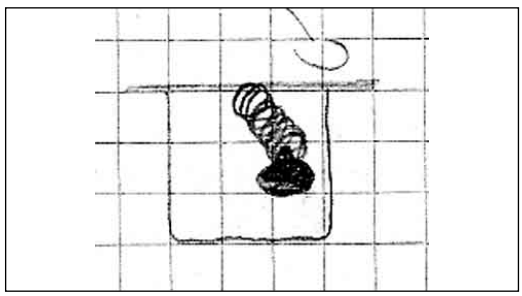
Die beiden Schüler (9. Klasse) erweitern ihre Fragestellung sinnvoll auf die Oberfläche der Metalle; allerdings scheinen sie anzunehmen, dass Stärke und Schnelligkeit („Reaktionsgeschwindigkeit") immer parallel verlaufen.

Niveaustufen der experimentellen Lösungen:

Die experimentellen Ansätze differieren aufgabenbedingt nicht wesentlich. Unterschiede gibt es nur in den Versuchsgefäßen (Becherglas, Reagenzglas, Petrischale) und darin, ob die Metalle lose eingelegt oder aufgehängt werden.

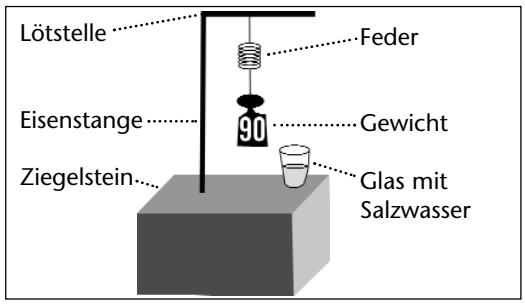
Differenzen ergeben sich bei den Experimenten mit der Kugelschreiberfeder.

Niedriges Niveau:
Einige Schülerinnen und Schüler geben in ihren Texten zwar cm-Werte für die Veränderungen der Feder an, dokumentieren allerdings nicht, wie sie ihre Untersuchungen durchgeführt haben. Andere fertigen sehr unklare Versuchszeichnungen oder unscharfe Fotos an.



(aus dem Schülerprotokoll: 3 Schülerinnen, 7. Klasse)

Hohes Niveau:



(aus dem Schülerprotokoll)

Die Schülerin und der Schüler (5. Klasse) stellen eine sehr exakte Versuchsanordnung dar, für die Klassenstufe sehr beachtenswert.

Niveaustufen der Dokumentation der quantitativen Versuchsergebnisse:

Niedriges Niveau:
Einige Schülerinnen und Schüler haben ihre Versuchsergebnisse zum Teil unübersichtlich in eine reine Textform gebracht.

Hohes Niveau:
Ein höheres Maß der Dokumentationsfähigkeit (Lesekompetenz: Umgang mit nicht-kontinuierlichen Texten) stellt die Erfassung von Daten in Tabellenform dar. Zu dieser Form haben sich die meisten Schülerinnen und Schüler entschlossen. Dabei sind einige Jugendliche bereits zu einer bemerkenswerten Präzision der Aussagen gekommen.

Ausdehnung einer Feder mit 51 g in Salzwasser

Start: 7.10.	2,73 cm
nach 5 Tagen (12.10.)	2,79 cm
nach 12 Tagen (19.10.)	2,85 cm
nach 16 Tagen (23.10.)	2,86 cm
nach 23 Tagen (30.10.)	2,85 cm
nach 26 Tagen (3.11.)	2,86 cm
nach 33 Tagen (10.11.)	2,85 cm

(aus dem Schülerprotokoll)

Der Schüler (5. Klasse) protokolliert seine Versuchsbeobachtungen sehr genau in Tabellenform, begründet seine Gewichtsauswahl (Schraubenmutter), gibt wie in einem Laborjournal die Experimentierzeiten an und notiert ergänzend auch das Fortschreiten des Rostens. Die Präzision der cm-Angaben liegt allerdings außerhalb der Messmöglichkeiten.

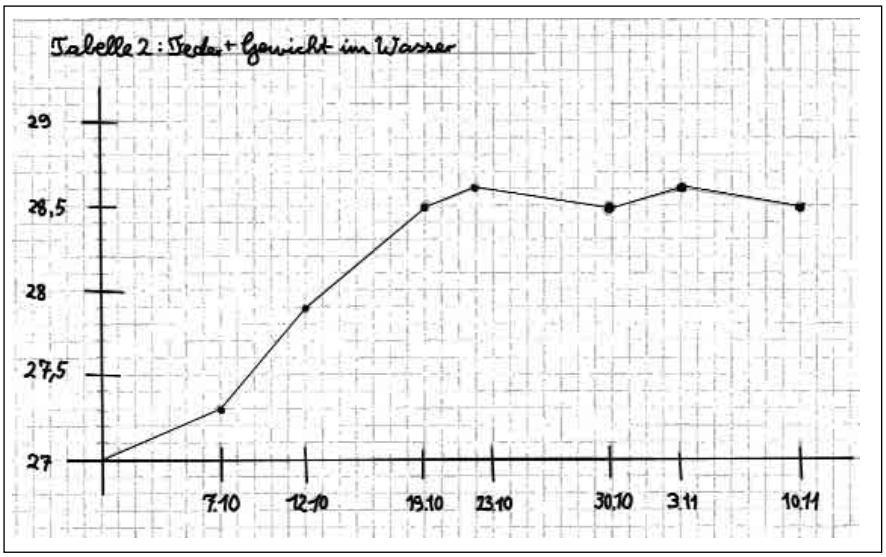
Interessant ist der Ansatz von drei Schülerinnen (9. Klasse), die darauf hinweisen, dass Kugelschreiberfedern Druckfedern sind und dass es deshalb sinnvoll ist, die Stauchung einer Feder beim Rosten zu messen:

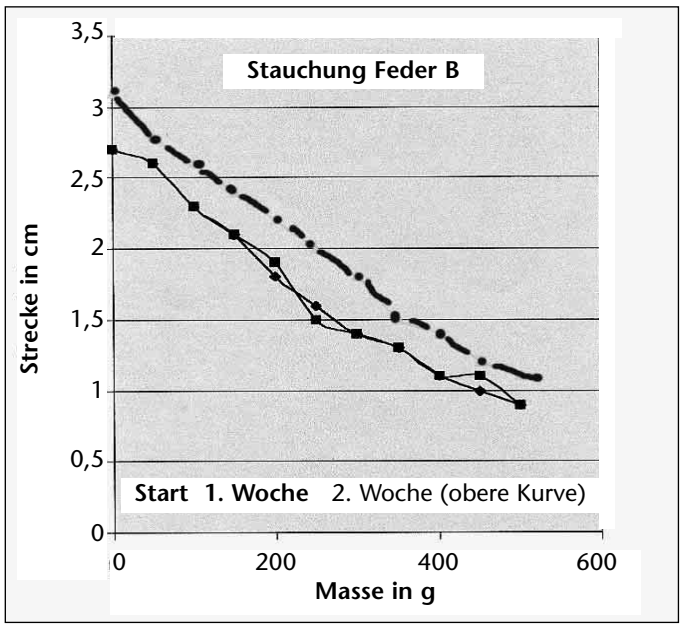
Gewichte in g	Stauchung einer Feder Ausdehnung in cm	Ausdehnung in cm nach einer Woche	Ausdehnung in cm nach zwei Wochen
0	2,7	2,7	3,1
50	2,6	2,6	2,8
100	2,3	2,3	2,6
150	2,1	2,1	2,4
200	1,8	1,9	2,2
250	1,6	1,5	2
300	1,4	1,4	1,8
350	1,3	1,3	1,5
400	1,1	1,1	1,4
450	1,0	1,1	1,2
500	0,9	0,9	1,1

(aus dem Schülerprotokoll)

Obiger Schüler (5. Klasse) ist auch in der Lage, seine Versuchsergebnisse in ein Kurvendiagramm zu bringen, für einen Fünftklässler sehr bemerkenswert. Allerdings fehlen die Angaben zu den Einheiten und die Beschriftung mit Datum anstelle von Tagen ist unübersichtlich:

(aus dem Schülerprotokoll)





(aus dem Schülerprotokoll)

Auch die drei Schülerinnen der 9. Klasse entwickeln für ihre Stauchungsversuche ein Kurvendiagramm, wobei die Kurven allerdings nur zusammen mit der obigen Tabelle verständlich sind.

Niveaustufen der Schlussfolgerungen:

Niedriges Niveau:
Einige Schülerinnen und Schüler bekommen zwar richtige Versuchsergebnisse (z. B. hinsichtlich der Volumenzunahme), entwickeln aber keine Ansätze zur Deutung bzw. ziehen wenig zwingende oder falsche Schlussfolgerungen.

Hohes Niveau:
Die drei Schülerinnen (9. Klasse) ziehen richtige Schlussfolgerungen. Allerdings entschließen sie sich für keine eindeutige Deutung und legen sich trotz ausbleibender Wasserstoffentwicklung (Blasenbildung) nicht auf die 2. Schlussfolgerung (gelöster Sauerstoff) fest.

Die starke Rostbildung im Salzwasser wird zwar beobachtet aber nicht gedeutet.

Ein Schüler der 9. Klasse bringt einen richtigen Lösungsansatz: Katalysatorwirkung (gilt zumindestens für Chloridionen); auf Elektrolytbildung geht er allerdings nicht ein.

Für die Vorgänge in der Cola glaubt ein Schüler (7. Klasse) eine Lösung gefunden zu haben: Bildung von Eisen(III)phosphat.

Ein Eisennagel bildet Rost. Das kommt daher, dass das Eisen ein unedles Metall ist. Es verdrängt den Wasserstoff aus dem Wasser und es bildet Eisenoxid/hydroxid. Es könnte aber auch sein, dass der zum Rosten benötigte Sauerstoff im Wasser gelöst ist.
Vom Salzwasser haben wir erwartet, dass es den Nagel stark rosten lässt, so wie bei Schiffen, die im Meer fahren. Unsere Erwartungen haben sich bestätigt.
Eisen rostet im Salzwasser besonders stark, weil Salz als Katalysator dient.
Cola enthält Phosphorsäure. Diese bildet auf dem Nagel Eisenphosphat (dunkle Schicht), wodurch ein Rosten verhindert wird.

(aus den Schülerprotokollen: 3 Schülerinnen, 9. Klasse; 1 Schüler, 9. Klasse; 1 Schüler, 7. Klasse)

3.3 Aufgabe: Kunterbunte Pflanzenfarben

Aufgabe zur Förderung der Kompetenzen: Erkenntnisgewinnung und Kommunikation

Kunterbunte Pflanzenfarben
Indikatorfarbstoffe als Detektive

Aufgabe: Untersuchung von Indikatorfarbstoffen

Kompetenzen: F | **E** | K | B

Kontext: Pflanzenfarbstoffe erfreuen uns nicht nur durch ihre Pracht auf einer Blumenwiese, sie können uns auch Aufschluss darüber geben, ob Flüssigkeiten sauer, neutral oder alkalisch sind.

Aufgabenstellung	**Kompetenzen** Die Schülerinnen und Schüler ...
1. Stelle aus Rotkohl durch Kochen und Filtrieren eine haltbare Farbstofflösung her.	- nennen und beschreiben typische Eigenschaften (F1.1) - **beachten Sicherheitsaspekte *(E4)***
2. Gib zu verschiedenen farblosen Flüssigkeiten so viel von deiner Farbstofflösung, bis eine deutliche Färbung zu beobachten ist (z. B. Zitronensaft, Leitungswasser, Seifenlösung, Zuckerwasser).	- **planen geeignete Untersuchungen zur Überprüfung von Hypothesen *(E2)*** - **führen qualitative Experimente durch und protokollieren diese *(E3)*** - **beachten Sicherheitsaspekte *(E4)***
3. Entwickle eine Vergleichsskala für diesen Farbstoff aus bekannten Säuren und Laugen.	- veranschaulichen chemische Sachverhalte mit Hilfe von Darstellungen *(K4)* - protokollieren den Verlauf und die Ergebnisse *(K6)* - argumentieren fachlich korrekt und folgerichtig *(K8)* - planen, strukturieren, reflektieren und präsentieren ihre Arbeit *(K10)*
Zusatzaufgabe: *Stelle aus weiteren Pflanzen Farbstofflösungen her und benutze sie wie den Rotkohlsaft.*	- nutzen fachtypische und vernetzte Kenntnisse und Fertigkeiten, erschließen Zusammenhänge *(B3)* - binden chemische Sachverhalte in Problemzusammenhänge ein *(B6)*

Vorschläge zur Binnendifferenzierung:

Die Zusatzaufgabe ist eine recht anspruchsvolle, Fächer verbindende Aufgabe. Sie ist für leistungsstärkere Schülerinnen und Schüler geeignet.
Leistungsschwächeren Jugendlichen sollten klar strukturierte Texte als Hilfen zur Verfügung gestellt werden; leistungsstärkere Schülerinnen und Schülern können frei zum Thema recherchieren.

Materialien für praktisches Arbeiten

- Bechergläser
- Reagenzgläser
- Pipetten
- Rotkohl u. a. Pflanzen
- verschiedene Alltagsflüssigkeiten

Materialien für die Zusatzaufgabe

- Lexika
- Chemiefachliteratur
- Internet

Im Zusammenhang mit der Aufgabe bietet es sich an, nachfolgende Fragen an die Natur zu stellen:

	Fragen an die Natur	**Hypothese**	**Experiment**
A	Verändert sich die Farbe von wässrigem Rotkohlsaft unter dem Einfluss anderer Stoffe?	Die Farbe verändert sich unterschiedlich in Abhängigkeit von den zugesetzten Stoffen (z. B. Säure, Base, Salze usw.).	Herstellung von Rotkohlsaft, Versetzen mit anderen Stoffen, Farbvergleich.
B	Wie verändert sich die Farbe von Rotkohlsaft unter dem Einfluss anderer Stoffe?	Die Farbe von Rotkohlsaft (blauviolett, vergl. Blaukraut) ändert sich mit Säuren zu Rot (z. B. mit Essig, vergl. Rotkraut), mit Basen (z. B. Seifenlösung) zu grüngelb.	Versetzen von Rotkohlsaft mit Säuren, Basen, verschiedenen Salzen, Farbvergleich.
C	Beruhen die verschiedenen Farben des Rotkohlsaftes auf Farbmischungen oder auf Veränderungen der Struktur des Farbstoffes?	Die blaue, rote und gelbe Farbe beruht auf Veränderungen der Farbstoffstruktur, die grüne Farbe auf Mischungen (blaugelb).	Vergleich von Farbstoffmischungen (rotblau, blaugelb usw.).
D	Kann man die Farbveränderungen rückgängig machen?	Die erzeugten Farbveränderungen kann man rückgängig machen.	Versetzen von Rotkohlsaft mit Säuren bzw. Basen.
E	Ist das Rückgängigmachen der Farbveränderungen zeitabhängig?	Die Farbveränderungen sind nicht zeitabhängig (vergl. aber Beobachtung, Deutung zu D!).	Wiederholung der Versuche zu D nach mehreren Tagen.
F	Lassen sich auch die Farben anderer Pflanzenblüten verändern?	Auch andere Blütenfarben lassen sich verändern.	Herstellung verschiedener Blütensäfte, Versetzen mit anderen Stoffen, Farbvergleich.
G	Kann man anhand der Veränderungen der Blütenfarbstoffe den pH-Wert bestimmen?	Man kann anhand der Veränderungen der Blütenfarben eine relative pH-Wert-Messung durchführen.	Versuche mit Rotkohlsaft mit verschieden starken Säuren und Basen mit bekanntem pH-Wert, Aufstellung einer Vergleichskala, Versuche mit Stoffen mit unbekanntem pH-Wert.
H	Kann man anhand der Blütenfarbe von Hortensien auf den pH-Wert des Bodens schließen?	Man kann eingeschränkt (vergl. I) auf den pH-Wert des Bodens schließen: Rotblühende Hortensien bevorzugen leicht alkalischen, blaublühende leicht sauren Boden.	Freilandversuche mit blühenden Hortensien: pH-Wert-Messung des Bodens.
I	Kann man die Blütenfarbe von Freiland-Hortensien durch Düngen des Bodens verändern (in vivo)?	Die Blütenfarbe kann man nicht oder nur wenig verändern.	Freilandversuche mit blühenden Hortensien: Verwendung saurer bzw. alkalischer Dünger.
J	Kann man die Farbe von Hortensienblüten-Saft verändern (in vitro)?	Die Farbe von Hortensienblütensaft kann man verändern.	Versetzen von Hortensienblüten-Saft mit Säuren, Basen, verschiedenen Salzen.
K	Wie verhält sich kochsalzhaltiger Rotkohlsaft unter dem Einfluss von Gleichstrom?	Rotkohlsaft wird seine Farbe verändern.	Versuche mit kochsalzhaltigem Rotkohlsaft mit Gleichstrom.

Weitere mögliche Fragen:

- Kann man die Farbe von Hortensienblüten durch Düngung mit Aluminium-Salzen (Eisensalzen) verändern?
- Kann man die Konzentration von Cyanidin in Rotkohlsaft titrimetrisch bestimmen?
- Warum nennt man Rotkohl in der norddeutschen Küche „Rotkraut“, in der süddeutschen „Blaukraut“?

Protokollieren der Versuchsergebnisse (Tabellen, Diagramme usw.)	**Versuchsergebnisse**
zu A	Rotkohlsaft verändert unter dem Einfluss vieler Stoffe (Säuren, Basen, Salze) seine Farbe.
zu B	Die Versuchsergebnisse entsprechen der Hypothese (vergl. o.).
zu C	Rot lässt sich nicht durch Mischen erzeugen, Blau, Gelb eingeschränkt, Grün deutlich (vergl. E).
zu D	Die Versuchsbeobachtungen entsprechen der Hypothese (vergl. aber E).
zu E	Gelb kann nach einiger Zeit nicht mehr rückgängig gemacht werden; dieser Effekt zeigt sich besonders deutlich bei relativ hoher Laugenkonzentration.
zu F	Viele andere Blütenfarbstoffe lassen sich verändern.
zu G	Die Versuchsergebnisse entsprechen der Hypothese (vergl. o.).
zu H	Die Versuchsergebnisse entsprechen der Hypothese (vergl. aber J).
zu I	Die Versuchsergebnisse entsprechen der Hypothese (vergl. o.).
zu J	Hortensienblüten-Saft verfärbt sich mit Säuren rot, mit Basen bläulich (Widerspruch zu H? Vergl. Deutung zu H).
zu K	Der Rotkohlsaft verändert seine Farbe: Pluspol: Grau, Farbaufhellung, Minuspol: Blau/Gelb->Grün.

Diskutieren, Interpretieren der Versuchsergebnisse	
zu A	Rotkohl und viele andere Pflanzenblüten enthalten Anthocyane, im speziellen Beispiel Cyanidin, das durch Einfluss verschiedener Stoffe seine Struktur und damit seine Farbe verändert.
zu B	Cyanidin ist eine organische Säure, die durch Deprotonierung und Reprotonierung bzw. Öffnung des Pyranringes seine Struktur und damit seine Farbe ändert.
zu C	Die Farben Blau, Rot und Gelb sind strukturell bedingt, Grün entsteht durch Mischung aus Blau und Gelb.
zu D	Die Deprotonierung ist reversibel.
zu E	Die definitve Gelbfärbung beruht auf einer irreversiblen Strukturänderung, Bildung eines Chalkons (Chalkone: ungesättigte aromatische Ketone).
zu F	Viele andere Blütenfarbstoffe bauen sich aus Anthocyanen auf, die sich ebenfalls verändern lassen.
zu G	Anthocyane sind organische Säuren, die anhand ihrer Farbe relativ auf den jeweiligen pH-Wert schließen lassen.
zu H	vergl. F, G.
zu I	Die Blütenfarbstoffe in der lebenden Pflanze (in vivo) sind pH-gepuffert (Co-Pigmente: Flavone, Flavonoide, Metallsalz-Chelate, speziell mit Al^{3+}).
zu J	Hortensienblüten-Saft (in vitro) ist nicht mehr gepuffert. Die Farbstoffe können daher durch andere Stoffe verändert werden.
zu K	Durch die Elektrolyse von Kochsalz bildet sich am Minuspol Natronlauge und am Pluspol Chlor, wodurch es zu den Farbveränderungen (Bleichwirkung von Chlor) des Rotkohlsafts kommt.

Niveaustufen der Schülerantworten

Niveaustufen der Fragen:

Beispiele:

Niedriges Niveau:
Viele Schülerinnen und Schüler führen die im Aufgabenblatt vorgegebenen Versuche durch, ohne sich mit einer gezielten Fragestellung die Hintergründe ihrer Experimente zu verdeutlichen. Einige haben interessante Ideen (z. B. Titration von Rotkohlsaft mit Natronlauge), ohne allerdings zu erläutern, ob und warum so ein Experiment sinnvoll ist.

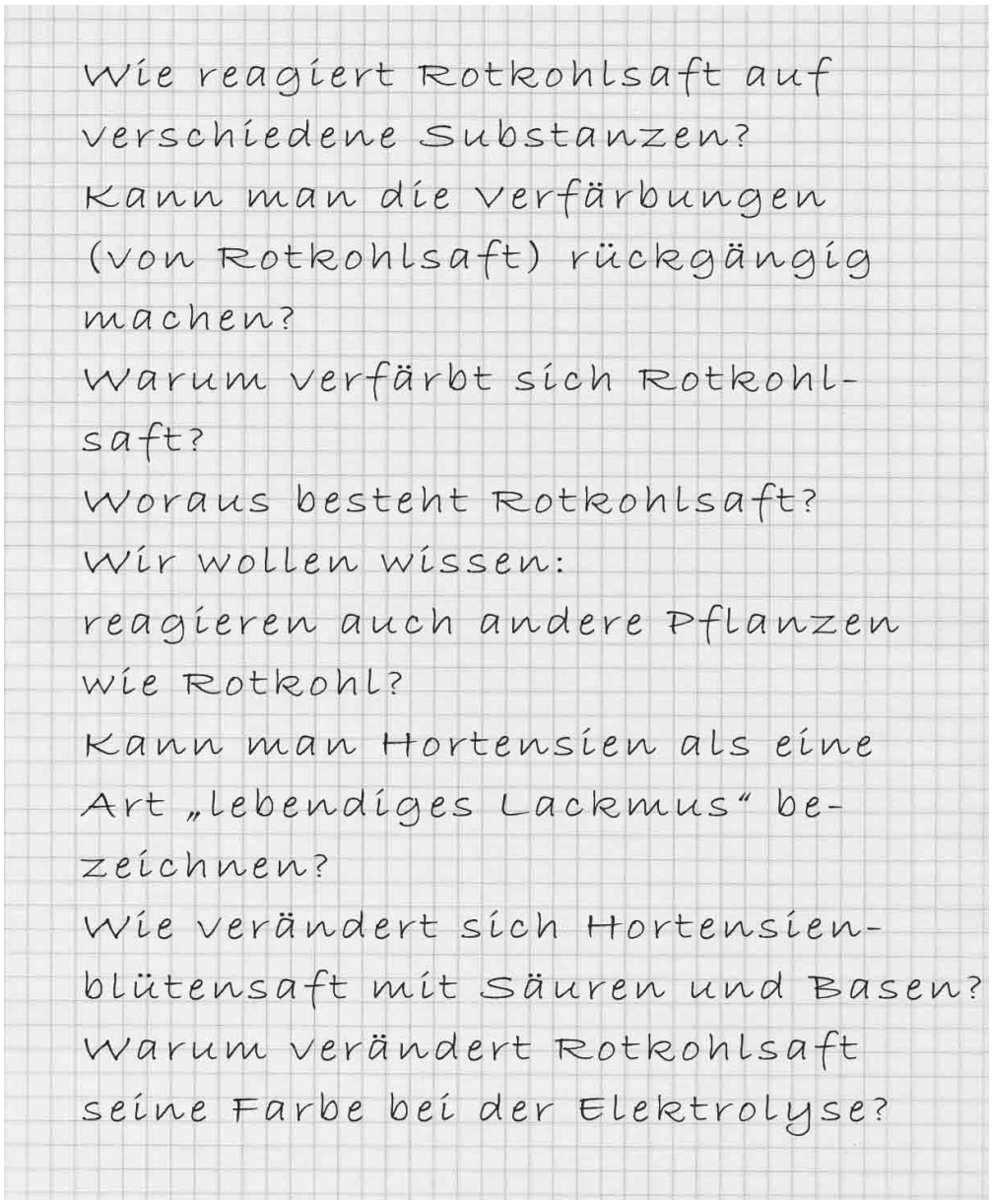
Hohes Niveau:
diese Schüler mit Hilfe der Chromatographie lösen wollen (vergl. unten).

Auch Fragen zur Düngung von Hortensien und zur Untersuchung von Hortensienblütensaft sind neu. Aus diesen Aufgaben ergeben sich interessante, zum Teil scheinbar widersprüchliche Untersuchungen (vergl. unten).

Zwei Schüler (10. Klasse) stellen die Frage, in welchen Wellenbereichen Rotkohlsaft und andere farbige Pflanzensäfte Licht absorbieren, wobei fotometrische Messungen erfolgen sollen (vergl. unten).

Niveaustufen der Hypothesen:

Niedriges Niveau:
Auffällig ist, wie auch bei anderen Aufgaben, dass viele Schülerinnen und Schüler – unabhängig von der Klassenstufe – zwar gute Fragestellungen entwickeln, aber keine Vorhersagen („Hypothesen“) über die zu erwartenden Versuchsergebnisse anstellen.


Wie reagiert Rotkohlsaft auf verschiedene Substanzen?
Kann man die Verfärbungen (von Rotkohlsaft) rückgängig machen?
Warum verfärbt sich Rotkohlsaft?
Woraus besteht Rotkohlsaft?
Wir wollen wissen:
reagieren auch andere Pflanzen wie Rotkohl?
Kann man Hortensien als eine Art „lebendiges Lackmus“ bezeichnen?
Wie verändert sich Hortensienblütensaft mit Säuren und Basen?
Warum verändert Rotkohlsaft seine Farbe bei der Elektrolyse?

(aus Schülerprotokollen, 9., 10. Klassen)

Einige Fragen finden sich zwar in ähnlicher Form im NATEX-Aufgaben-Deckblatt, andere gehen aber darüber hinaus, so die Frage nach der Zusammensetzung des Rotkohlsaftes, die

Hohes Niveau:

Vom Rotkohlsaft weiss ich, dass er die Farbe Rot und Blau annehmen kann. Ich erwarte, dass man bei anderen Pflanzensäften Ähnliches beobachten kann.

Rotkohlsaft wird bei der Elektrolyse in seine verschiedenen Farben zerlegt.

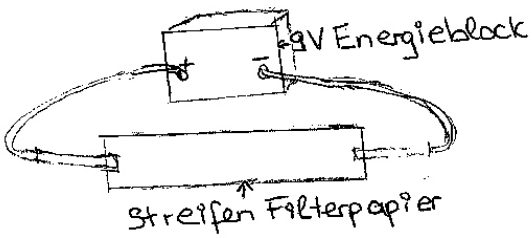
Der Saft von Hortensienblüten wird sich mit Säuren rot, mit Basen blau färben.

(aus Schülerprotokollen, 5., 9., 10. Klasse)

Die Hypothese zur Elektrolyse geht offensichtlich davon aus, dass die beim Rotkohl beobachtbaren Farbwechsel durch unterschiedliche, von vornherein enthaltene Farbstoffe, verursacht werden, ohne dass allerdings auf die Frage eingegangen wird, warum diese Farbstoffe nur manchmal sichtbar sind und warum eine elektrolytische Trennung stattfinden soll.

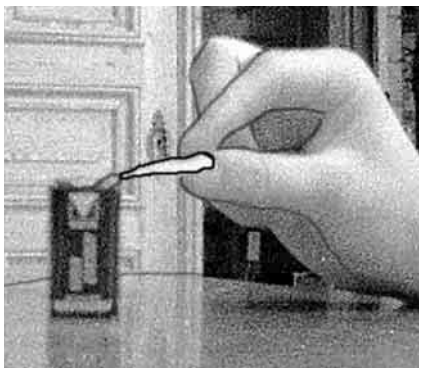
Niveaustufen der experimentellen Lösungen:

Die experimentellen Ansätze differieren aufgabenbedingt nicht wesentlich. Allerdings gibt es in Einzelfällen interessante Überlegungen (vergl. unten).



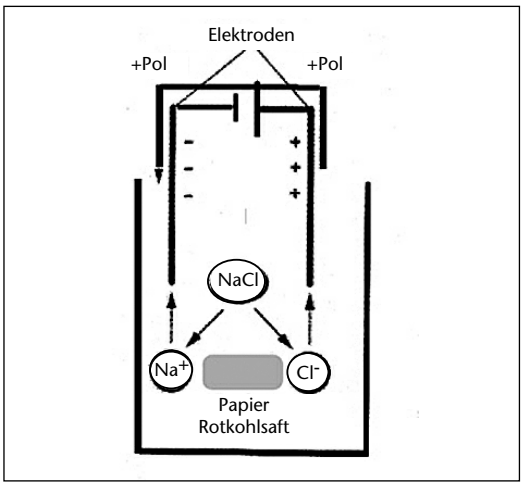
(aus dem Schülerprotokoll, 2 Schülerinnen, 9. Klasse)

Niedriges Niveau:
Einige Schülerinnen und Schüler geben in ihren Texten zwar Versuchsergebnisse an, dokumentieren allerdings nicht oder nur vage, wie sie ihre Untersuchungen experimentell durchgeführt haben. Andere fertigen zur Erläuterung ihrer Experimente sehr unklare Versuchszeichnungen oder unscharfe Fotos an:



(aus dem Schülerprotokoll, 2 Schülerinnen, 9. Klasse)

Hohes Niveau:



(aus dem Schülerprotokoll, 2 Schüler, 9. Klasse)

Beobachtung:

	Rotkohlsaft
Tafelessig	rot
Neutralisator	rot
Glanzreiniger	grün
Apfelschorle	hellrot
Citronensäure	rot
Ascorbinsäure	rot
Zuckerwasser	blau
Cola	rot
Seife	blau/grün

(aus dem Schülerprotokoll, 2 Schülerinnen, 10. Klasse)

Diese Schüler fertigen eine recht gute Versuchskizze an, wenn auch die Details ein wenig unklar sind.

Einige Schüler (10. Klasse) führen dünnschichtchromatografische Untersuchungen verschiedener Säfte durch und können einen Farbstoff (Rotkohl, Radieschen), zwei (Holunderbeersaft) und drei Farbstoffe (Gemüsesaft) nachweisen.

Die gleiche Gruppe misst auch die „Lichtdurchlässigkeit“ von Rotkohlsaft mit Hilfe eines Fotometers.

Einige Schülerinnen und Schüler (10. Klasse) haben in Lexika und im Internet den Hinweis gefunden, dass rotblühende Hortensien alkalischen und blaublühende sauren Boden bevorzugen. Dies scheint ihnen im Widerspruch zu ihren Rotkohl-Experimenten zu stehen. Daher untersuchen sie folgerichtig die Veränderungen von Hortensienblütensaft, wobei ihre Beobachtungen nun wieder den bei den Rotkohlversuchen gemachten entsprechen (vergl. unten).

Einige Jugendliche experimentieren in diesem Zusammenhang auch mit Eisen- und Aluminiumsalzen, von deren Einfluss auf die Blütenfarbe sie gelesen haben. Dabei kommen sie aber zu keinen eindeutigen Ergebnissen.

Ein Schüler (10.Klasse) hat Rotkohlsaft mit Natronlauge titriert, um den Gehalt an Cyanidin (organische Säure) zu bestimmen.

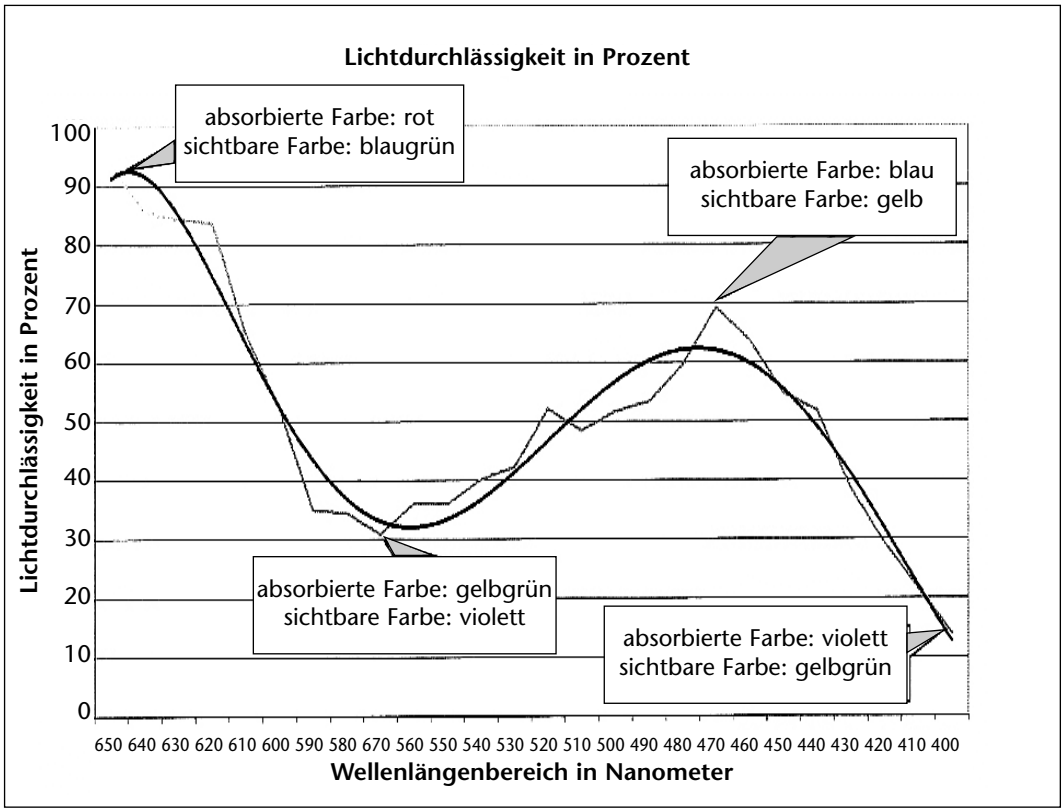
Niveaustufen der Dokumentation der quantitativen Versuchsergebnisse:

Niedriges Niveau:
Einige Schülerinnen und Schüler haben ihre Versuchsergebnisse zum Teil unübersichtlich in eine reine Textform gebracht.

Hohes Niveau:
Ein höheres Maß der Dokumentationsfähigkeit (Lesekompetenz: Umgang mit nichtkontinuierlichen Texten) stellt die Erfassung von Daten in Tabellenform dar.

Viele Schülerinnen und Schülerzeigen zeigen in anderen Aufgaben, dass sie auch in der Lage sind, ihre Versuchsergebnisse in Kurven- und Säulendiagramme zu übertragen.

Die bereits erwähnten Schüler der 10. Klasse stellen ihre fotometrischen Messungen zum Rotkohlsaft in einem Kurvendiagramm dar, wobei die Messwerte in Tabellenform festgehalten werden; nähere Erläuterungen zum Diagramm fehlen aber, so dass etwas unklar bleibt, ob die Jugendlichen ihre Messungen verstanden haben:



(aus dem Schülerprotokoll, 10. Klasse)

Niveaustufen der Schlussfolgerungen:

Niedriges Niveau:
Einige Schülerinnen und Schüler bekommen zwar richtige Versuchsergebnisse, entwickeln aber keine Ansätze zur Deutung bzw. stellen wenig zwingende oder falsche Schlussfolgerungen auf.

Hohes Niveau:
Einige Schülerinnen und Schüler machen sich sogar Gedanken darüber, welche Vorgänge bei der Herstellung von Rotkohlsaft ablaufen:

Zerkleinere	→	Vergrößerung der Oberfläche	Bessere Extraktion des Farbstoffes
	→	Zerstörung von Zellstrukturen/Gewebe	
Kochen mit Wasser	→	Verstärkung des Saftaustrittes	Bessere Extraktion des Farbstoffes
	→	Zerstörung von weiteren Zellstrukturen/Gewebe	
			⬇ Farbstoff ist wasserlöslich

(aus dem Schülerprotokoll, 2 Schülerinnen, 10. Klasse)

Viele Schülerinnen und Schüler fassen ihre Versuchsergebnisse tabellarisch zusammen und kommen dabei zu sinnvollen Deutungen:

Tabellarische Darstellung

Prüfsubstanzen	Menge	Beobachtung	Deutung
Ketchup	3 mL	Der lila Rotkohlsaft färbt sich rot.	Es färbt sich rot da der Ketchup sauer ist.
Sojasoße	3 mL	Der lila Rotkohlsaft färbt sich dunkel und wird warm.	Da Sojasoße selbst schon schwarz ist, kann die Farbveränderung nicht beurteilt werden. Es wird sich um ein exotherme Reaktion, Grund dafür unbekannt.
Milch	3 mL	Der lila Rotkohlsaft färbt sich himmelblau.	Da Milch basisch ist, färbt sich der Saft blau.
Banane	3 mL	Der lila Rotkohlsaft färbt sich leicht rötlich.	Da Bananen sauer sind (pH = 6,8), wird der Rotkohlsaft rötlich.
Vitamintablette	ein kleines abgebrochenes Stück	Der lila Rotkohlsaft färbt sich rot, es blubbert.	Da die Vitamintablette sauer ist, färbt sich der Rotkohlsaft rot. Das Blubbern ist auf die Entwicklung eines Gases (CO2) zurückzuführen.
Zitrone	3 mL	Der lila Rotkohlsaft färbt sich stark rot.	Da die Zitrone sauer ist, färbt sich der Rotkohlsaft rot.
Waschmaschinen-Tab	Zerkrümelt, etwa eine Messerspitze	Der lila Rotkohlsaft färbt sich dunkelblau, mit einem Grünstich. Es wird warm.	Da der Waschmaschinen-Tab basisch ist, färbt sich der Rotkohlsaft.

(aus dem Schülerprotokoll, 2 Schüler, 9. Klasse)

Einigen Jugendlichen machen die gelesenen Hinweise oder experimentell gefundenen Ergebnisse zur Hortensienaufgabe Schwierigkeiten.

So finden zwei Schülerinnen (10. Klasse) in einschlägigen Lexika einerseits den Hinweis:

„Die Blüten dieser Pflanzen (Hortensien) ändern ihre Farbe je nachdem, wie stark der Boden sauer oder alkalisch reagiert. Die Blütenfarbe variiert von dunkelrot über rosa bis weiß, auf sauren Böden jedoch erscheint sie zunehmend blaustichig“.

Andererseits heißt es im Internet (Uni Bielefeld):

„Die Zellinhalte (der Hortensie) sind unabhängig vom pH-Wert des Bodens, auf dem die Pflanze wächst, immer gleich – nämlich schwach sauer. Dafür sorgen ausgeklügelte Puffersysteme. Der Grad der Rot-Intensität ist unabhängig vom pH-Wert, sondern eine Frage des Farbstoffgehalts, also der Konzentration des Blütenfarbstoffs. Säuren färben den Farbstoff zunehmend rot und nicht blau!“

Es spricht sehr für diese Schülerinnen, dass sie diesen Widerspruch aufgedeckt haben und zu der Schlussfolgerung kommen, dass sie diese Frage nicht beantworten können, zumal ihnen der Hinweis auf Pufferung anscheinend nichts sagt.

Andere Zehntklässler sind dieses Phänomen experimentell angegangen und fanden im (ungepufferten) Hortensienblütensaft ebenfalls, dass Säuren eine Rotfärbung verursachen. Auch sie konnten den scheinbaren Widerspruch (Blaufärbung der Hortensienblüten im sauren Boden) nicht lösen.

Zwei Schülerinnen und ein Schüler aus einer 9. Klasse stießen im Internet auch auf Strukturhinweise, wobei aber nicht klar ist, inwieweit sie die Formeln bereits verstanden haben:

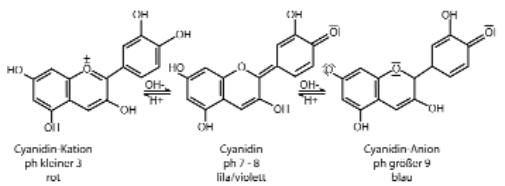


Abbildung: Strukturformel des Cyanidins bei verschiedenen pH-Wertes

Diese Jugendlichen finden auch heraus, dass die permanente Gelbfärbung des Rotkohlsafts auf einer irreversiblen Chalcon-Bildung beruht:

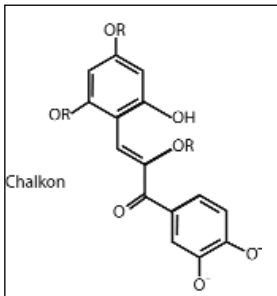


Abbildung: Chalkonform des Cyanidin

Viele Gedanken haben sich die Schülerinnen und Schüler zum Teil auch über die Vorgänge zur Elektrolyse von kochsalzhaltigem Rotkohlsaft gemacht. Neben zum Teil widersprüchlichen Aussagen haben einige Jugendliche sehr gute Lösungen gefunden:

$2\ Na^+$	+	**$2e^-$**	–>	**2 Na**
positive Natriumionen		negative Elektronen		reines Natrium

Das Natrium verbindet sich nun mit Wasser zum Natriumhydroxid:

2 Na	+	**$2\ H_2O$**	–>	**2 NaOH**	+	**H_2**
reines Natrium		Wasser		Natriumhydroxid (basisch)		Wasserstoff

Das enstandene Natriumhydroxid verfärbt das Indikatorpapier am negativen Pol grünlich.

Die Choridionen des Natriumchlorids gehen zum positiben Pol der Batterie.
Dort geben sie Elektronen ab und so bildet sich reines Chlor:

$2\ Cl^-$	-	**$2\ e^-$**	–>	**Cl_2**
negative Choridionen		negative Elektronen		Chlor

Da wir wissen, dass Chlor eine bleichende Wirkung hat, können wir auch nachvollziehen, warum am positiven Pol das Indikatorpapier ausbleicht.

(aus dem Schülerprotokoll, 3 Schüler, 10. Klasse)

3.4 Aufgabe: Zucker und Salz – Zwillinge?

Aufgabe zur Förderung der Kompetenzen: Erkenntnisgewinnung und Kommunikation

Zucker und Salz-
Zwillinge?

Aufgabe: Vergleichende Untersuchung von Zucker und Salz

Kompetenzen: F | E | K | B

Kontext: Zucker und Salz sind zwei Stoffe, die uns praktisch täglich in den verschiedensten Situationen begegnen. Wer sie einmal näher betrachtet hat – vielleicht sogar mit der Lupe – wird festgestellt haben, wie ähnlich die beiden aussehen.

Aufgabenstellung	**Kompetenzen** Die Schülerinnen und Schüler...
1. Untersuche das Verhalten von Zucker und Salz mit einem Thermometer in einer Mischung mit zerstoßenem Eis.	nennen und beschreiben typische Eigenschaften *(F1.1)* **erkennen und entwickeln Fragestellungen *(E1)*** **führen qualitative und einfache quantitative Experimente durch und protokollieren diese *(E3)*** **beachten Sicherheitsaspekte *(E4)***
2. Stelle weitere vergleichende Untersuchungen an: • beim Erhitzen • beim Lösen in Wasser • beim Stehen lassen an der Luft	**planen geeignete Untersuchungen zur Überprüfung von Hypothesen *(E2)*** **führen quantitative Experimente durch und protokollieren diese *(E3)*** **beachten Sicherheitsaspekte *(E4)*** veranschaulichen chemische Sachverhalte mit Hilfe von Darstellungen *(K4)*
3. Entwickle weitere Ansätze, die beiden Stoffe durch ihr unterschiedliches Verhalten von einander zu unterscheiden.	**planen geeignete Untersuchungen zur Überprüfung von Hypothesen *(E2)*** protokollieren den Verlauf und die Ergebnisse *(K6)* planen, strukturieren, reflektieren und präsentieren ihre Arbeit *(K10)*
Zusatzaufgabe: *Entwickle ein umweltfreundliches Streumittel!*	recherchieren zu einem chemischen Sachverhalt in unterschiedlichen Quellen *(K1)* binden chemische Sachverhalte in Problemzusammenhänge ein, entwickeln Lösestrategien und wenden diese an *(B6)*

Vorschläge zur Binnendifferenzierung:

Neben der 3. Aufgabe bietet die Zusatzaufgabe Möglichkeiten zur Binnendifferenzierung, da die möglichen unterschiedlichen Niveaustufen bei der Begründung eine Bearbeitung der Aufgabe durch leistungsstärkere wie leistungsschwächere Schülerinnen und Schüler zulassen.

Materialien für praktisches Arbeiten	Materialien für die Zusatzaufgabe
• Bechergläser, pneumatische Wanne • Reagenzgläser • Thermometer • Kerzen o. Gasbrenner • Eis, Salz, Zucker	• Lexika • Internet

Im Zusammenhang mit der Aufgabe bietet es sich an, nachfolgende Fragen an die Natur zu stellen:

	Fragen an die Natur:	**Hypothese**	**Experiment**
A	Was passiert beim Stehenlassen von Salz und Zucker an der Luft? Wer zieht beim Stehenlassen an der Luft mehr Feuchtigkeit?	Salz zieht nach einiger Zeit Feuchtigkeit an und wird daher schwerer. Zucker verändert sich weniger stark.	Salz und Zucker längere Zeit an der Luft stehen lassen und vorher und nachher wiegen.
B	Wer löst sich besser in Wasser, Salz oder Zucker? Wie wirken sich verschiedene Wassertemperaturen auf die Löslichkeit aus?	Zucker löst sich in Wasser besser als Salz. Die Löslichkeit nimmt bei höherer Temperatur zu.	Abgewogene Mengen an Salz bzw. Zucker solange in verschieden temperiertem Wasser bis zur Sättigung auflösen.
C	Gibt es unterschiedliches Lösungsverhalten von Salz und Zucker in anderen Flüssigkeiten (Alkohol, Benzin, Aceton, Essig, Zitronensaft bzw. Speiseöl)?	Die Stoffe lösen sich in wasserhaltigen Flüssigkeiten schlechter als in reinem Wasser, in nicht wässrigen gar nicht.	Vergleich: Lösungsversuche in verschiedenen Lösungsmitteln.
D	Wie verhalten sich Salz und Zucker beim Erhitzen?	Zucker karamellisiert, Salz verändert sich nicht.	Salz bzw. Zucker in einer Porzellanschale (Pfanne) erhitzen.
E	Kann man Salz bzw. Zucker in einer Flamme verbrennen? Welchen Einfluss hat Zigarettenasche auf die Verbrennung?	Zucker wird flüssig und verkohlt, Salz verbrennt nicht. Mit Zigarettenasche fängt Zucker an zu brennen.	Vergleich: Zuckerstückchen bzw. Salzhäufchen ohne und mit Zigarettenasche entzünden.
F	Wie verändert sich die Temperatur von zerstoßenem Eis (Schnee) bei Zugabe von Salz bzw. Zucker?	Salz senkt die Temperatur stark, Zucker wenig ab.	Vergleich: Temperaturmessung vor und nach Zugabe von Salz bzw. Zucker zu zerstoßenem Eis (Schnee).
G	Leiten wässrige Salz- bzw. Zuckerlösung den elektrischen Strom?	Salzlösungen leiten den elektrischen Strom, Zuckerlösungen dagegen nicht.	Vergleich: Leitfähigkeitsmessungen in wässriger Salz- bzw. Zuckerlösung.
H	Wie verhalten sich verschiedene Metalle in einer Salz- bzw. Zuckerlösung?	In Salzlösung rosten unedle Metalle (z. B. Eisen) stark, in einer Zuckerlösung schwach oder gar nicht.	Vergleich: Eisennagel (Kupferblech) in wässrige Salz- bzw. Zuckerlösung legen.
I	Verhindern Salz bzw. Zucker das Schimmeln von Obst und Gemüse?	Salz und Zucker verhindern das Schimmeln (vergl. Kandieren von Früchten / Einpökeln).	Vergleich: Obst- bzw. Gemüsestücken mit Salz bzw. Zucker bedecken und längere Zeit stehen lassen.
J	Schwimmt ein Ei in Salz- bzw. in Zuckerwasser	Das (frische) Ei schwimmt in Salz- und in Zuckerwasser.	Vergleich: Ei in Salzwasser bzw. Zuckerwasser schwimmen lassen.
K	Wie verhalten sich Pflanzen (Blätter, Keimlinge, Schnittblumen) in Salz- bzw. Zuckerwasser?	Salz greift Pflanzen an (s. a. Schädigung durch Winterstreuung vereister Straßen) und lässt sie welken, Zucker hat keinen wesentlichen Einfluss oder fördert das Pflanzenwachstum.	Vergleich: Blätter mit Salz- bzw. Zuckerwasser beträufeln, Keimlinge (Kresse), Schnittblumen in Salz- bzw. Zucker bringen.

Weitere mögliche Fragen:

- Können Salz bzw. Zucker als Fleckenmittel (z. B. Obstfleck auf Gewebe) wirken?
- Unterscheiden sich Salz- bzw. Zucker-Lösungen durch ihren pH-Wert?
- Kann man Salz- bzw. Zucker-Lösung durch die Flammenfärbung unterscheiden?
- Wie kandiert man Früchte? Wie pökelt man Fisch oder Fleisch ein?
- Wie züchtet man Salz- bzw. Zucker-Kristalle?
- Kann man Salz- bzw. Zucker-Kristalle unter dem Mikroskop unterscheiden?
- Warum streut man im Winter Salz und nicht Zucker auf vereiste Straßen?
- Welchen Einfluss haben Salz bzw. Zucker auf den Siedepunkt von Wasser?
- Wie verhalten sich Gummibärchen in Salz- bzw. Zuckerlösung?
- Kann man Salz und Zucker trennen?

Protokollieren der Versuchsergebnisse (Tabellen, Diagramme usw.)	**Versuchsergebnisse**
zu A	Salz wird nach einiger Zeit feucht und schwerer; Zucker zeigt diesen Effekt weniger ausgeprägt.
zu B	Zucker löst sich viel besser als Salz in Wasser. In kaltem Wasser löst sich Zucker schlechter als im warmen Wasser, auf die Löslichkeit von Salz hat die Temperatur keinen messbaren Einfluss.
zu C	Salz und Zucker lösen sich schlecht (Bodensatz, getrübte Lösung) in wasserhaltigen Flüssigkeiten, in nicht wässrigen gar nicht.
zu D	Zucker wird flüssig, karamellisiert und verkohlt; Salz verändert sich nicht.
zu E	Zucker verbrennt , Salz auch mit Zigarettenasche nicht.
zu F	Salz senkt die Temperatur stark, Zucker wenig ab.
zu G	Salzlösung leitet den elektrischen Strom, Zuckerlösung nicht.
zu H	Ein Eisennagel rostet in einer Salzlösung, in einer konzentrierten Zuckerlösung nicht oder wenig.
zu I	Gemüsestückchen schimmeln weder unter Salz noch unter Zucker.
zu J	In Salzwasser schwimmt ein Ei. In Zuckerwasser geht es zunächst unter; bei Erhöhung der Zuckermenge steigt das Ei schließlich auch auf.
zu K	In Salzlösung fangen Pflanzen an zu verwelken. Zuckerlösungen haben keinen Einfluss oder führen zu einem verbesserten Wachstum (Kresse).

Diskutieren, Interpretieren der Versuchsergebnisse	
zu A	Salz ist stark hygroskopisch und zieht stärker Wasser an als Zucker.
zu B	Die Löslichkeit von Zucker in Wasser ist größer als die von Salz. Die Löslichkeit von Feststoffen erhöht sich mit zunehmender Wassertemperatur.
zu C	Salz und Zucker lösen sich in wasserhaltigen (polaren) Flüssigkeiten, nicht in nicht wässrigen.
zu D	Zucker hat einen niedrigeren Schmelzpunkt als Salz und kann mit der Kerzen-Flamme (Gasbrenner, Herdplatte) zum Schmelzen gebracht werden.
zu E	Zigarettenasche enthält Katalysatoren (u. a. Eisen), die die Aktivierungsenergie herabsetzen, so dass Zucker verbrennt.
zu F	Salz benötigt beim Lösen Energie, so dass die Umgebungstemperatur absinkt. Dies trifft für Zucker nicht zu.
zu G	Salz (Kochsalz) besteht aus Ionen, die den elektrischen Strom leiten. Zucker ist nicht aus Ionen aufgebaut.
zu H	Eisen ist ein unedles Metall, das leicht rostet. Zum Rosten bedarf es Wasser und Sauerstoff (Oxidationsvorgang). Salz erhöht die Leitfähigkeit von Wasser, Chlorid-Ionen (Kochsalz: Natriumchlorid) wirken als Katalysatoren.
zu I	Salz bzw. Zucker wirken antibakteriell und verhindern in hoher Konzentration das Schimmeln (s. Kandieren von Früchten, Einpökeln von Fisch und Fleisch).
zu J	Salz- und Zuckerwasser haben eine größere Dichte als das Ei, das deshalb aufschwimmt. Zucker hat eine geringere Dichte als Salz, so dass zur Erreichung dieses Effekts größeren Mengen benötigt werden.
zu K	Salz entzieht den Pflanzen Wasser, so dass diese welken. Zucker zeigt diesen Effekt weniger ausgeprägt.

Niveaustufen der Schülerantworten

Niveaustufen der Fragen:

Beispiele:

Niedriges Niveau:
Viele Schülerinnen und Schüler führen die im Aufgabenblatt vorgegebenen Versuche durch, ohne sich mit einer gezielten Fragestellung die Hintergründe ihrer Experimente zu verdeutlichen.

Hohes Niveau:

Wie kann man Salz und Zucker unterscheiden?
- zu zerstoßenem Eis geben und die Temperatur messen
- in einer Pfanne auf dem Herd erhitzen
- in Wasser bei unterschiedlichen Temperaturen lösen
- an der Luft stehen lassen und wiegen
- in Wasser lösen und die elektrische Leitfähigkeit messen

- die Dichte von Salz und Zucker bestimmen
- die Brennbarkeit von Salz und Zucker mit und ohne Asche (Zigarette) untersuchen.

(aus dem Schülerprotokoll, 2 Schüler, 9. Klasse)

Zunächst halten sich die beiden Schüler in ihren Aufgaben noch eng an die Vorgaben des NATEX-Bogens. Andere Schüler variieren den Eis-Versuch und untersuchen das Festfrieren eines Fadens.

Obige Schüler stellen darüber hinaus aber auch sinnvolle Zusatzfragen auf: die Frage nach der unterschiedlichen Dichte und Brennbarkeitsversuche mit und ohne Zigarettenasche.

Andere Jugendliche entwickeln zum Teil interessante Fragen:

Kann man Salz und Zucker unter dem Mikroskop unterscheiden?

Lösen sich Salz und Zucker in:
- Alkohol
- Benzin
- Aceton
- Essig
- Zitronensaft
- Speiseöl

Wie verhalten sich Topfpflanzen, wenn man sie mit Salz- oder Zuckerwasser giebt?

Schimmeln Tomatenscheiben mit Salz oder mit Zucker?

Schwimmt ein Ei in Salz oder in Zuckerwasser?

Unterscheiden sich Salz- und Zuckerlösungen in ihrem pH-Wert?

Rosten Metalle in Salz- oder Zuckerlösung?

(aus Schülerprotokollen, 4.,5., 7. 9., 10. Klasse)

Versuche mit Pflanzen wurden von vielen Schülerinnen und Schülern (4.-10. Klasse) modifiziert, zum Beispiel:

- Veränderungen von Blättern (Alpenveilchen, Basilikum) beim Betropfen mit Salz- bzw. Zuckerwasser
- Frischbleiben von Schnittblumen in Salz- oder Zuckerwasser
- Verhalten von Kressesamen in Salz- bzw. Zuckerlösung

Eine interessante Variation stellt die Frage nach der möglichen Verhinderung von Schimmeln von Gemüse (Tomatenscheiben) mit Salz bzw. Zucker dar.

Einige Schülerinnen und Schüler haben sich an Untersuchungen der Frische von Eiern in Salzwasser erinnert.

Viele Schülerinnen und Schüler (4., 5., 9. Klasse) halten es für möglich, Salz- und Zuckerlösungen anhand ihres pH-Wertes (z. B. durch Veränderungen von Rotkohlsaft) zu unterscheiden.

Interessant ist auch die Frage nach dem Verhalten von Eisen in Salz- bzw. Zuckerlösungen, die von mehreren Schülerinnen und Schüler (9., 10. Klasse) gestellt wird.

Niveaustufen der Hypothesen:

Niedriges Niveau:
Auffällig ist, wie auch bei anderen Aufgaben, dass viele Schülerinnen und Schüler unabhängig von der Klassenstufe zwar gute Fragestellungen entwickeln, aber keine Vorhersagen („Hypothesen“) über die zu erwartenden Versuchsergebnisse anstellen.

Hohes Niveau:

- Bei Zugabe von Salz zu Eis sinkt die Temperatur, bei Zucker aber nicht.
  Deshalb nimmt man zum Konservieren zusätzlich zum Eis auch teilweise noch Salz.
- Zucker hat einen niedrigen Schmelzpunkt. Er wird daher beim Erhitzen schmelzen. Außerdem ist von Zucker bekannt, dass er karamellisiert. Salz hat einen sehr hohen Schmelzpunkt. Deshalb nehmen wir an, dass nichts passiert.
- Wir vermuten, dass sowohl Salz als auch Zucker beim Stehenlassen an der Luft Wasser anziehen, Salz aber mehr als Zucker.
- Wir nehmen an, dass Salz den Strom leitet, da Salz viele Ionen besitzt. Zucker hat keine Ionen und leitet daher den Strom nicht.
- Wir denken, dass Salz das Wachstum von Kressesamen verlangsamt und dass Zucker das Wachstum beschleunigt.
- Beim Lösen von Salz und Zucker in anderen Flüssigkeiten als Wasser hatten wir zunächst keine Vorahnungen. Aber dann haben wir uns überlegt, dass sich beide Stoffe in anderen Flüssigkeiten schlechter oder gar nicht lösen. Zum Lösen von Salz und Zucker benötigt man Wasser und die anderen Flüssigkeiten enthalten kein oder wenig Wasser.

(aus dem Schülerprotokoll, 3 Schüler, 8. Klasse)

Stellvertretend für viele zeigt der obige Auszug, dass die drei Schüler schon in der Lage sind, gut begründete Hypothesen für alle von ihnen durchgeführten Versuche aufzustellen. Erstaunlich bei diesen Jugendlichen ist, dass sie auch eine Fehlerbetrachtung ihrer Experimente durchführen können:

Zum einen haben wir nicht ausreichend Messungen durchgeführt, und zum anderen könnten die Temperaturwerte (Salz/Zucker/Eis) durch Einflüsse wie Raumtemperatur, Licht, schlechte Isolation der Gefäße verfälscht worden sein.

Es gibt viele Fehlerquellen bei dem Versuch mit dem Kressesamen in Salz bzw. Zuckerwasser: unterschiedliche Sonneneinstrahlung, Raumtemperatur, Luftfeuchtigkeit usw. Es ist schwer bei diesem Versuch neutrale Bedingungen zu schaffen.

(aus obigem Schülerprotokoll)

Unser Thermometer reichte nur bis - 10 Grad Celsius. Die Temperaturen darunter konnten wir nur ungefähr mit einem Lineal messen.
Wir hätten den Löffel nach jeder Zugabe von Salz/Zucker gut reinigen müssen, um sicher zu sein, dass die abgewogenen Mengen auch stimmen.

(aus einem Schülerprotokoll, 5. Klasse)

Einige Schülerinnen und Schüler unterscheiden nicht zwischen Hypothese und Deutung (siehe z. B. Leitfähigkeit - Ionen). Viele Jugendliche vermuten richtig, dass die Temperatur einer Mischung aus Salz und Eis sinkt. Allerdings sehen sie nicht den (scheinbaren) Widerspruch zwischen absinkender Temperatur und dem schnellen Schmelzen von Eis:

Wir vermuten, dass die Temperatur der Mischung aus Eis und Salz sinkt und somit das Eis schmilzt, weil oft, wenn es auf den Straßen glatt ist, Salz verwendet wird, um das Eis auf den Straßen schnell zu beseitigen.

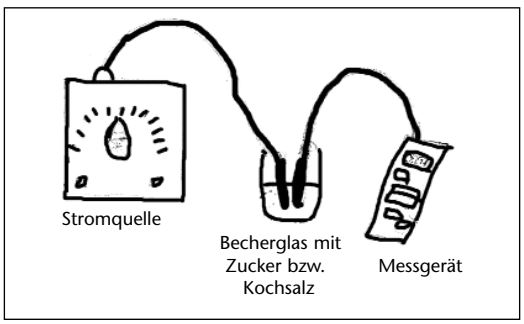
Salz lässt Eis schmelzen. Dadurch wird dem Eis Energie entzogen und deshalb wird es drumherum kälter.

(aus Schülerprotokollen: 2 Schüler, 1 Schülerin, 8. Klasse; 3 Schüler, 8. Klasse)

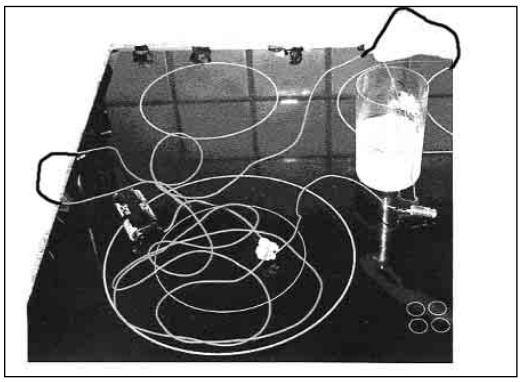
Niveaustufen der experimentellen Lösungen:

Die experimentellen Ansätze differieren aufgabenbedingt nicht wesentlich. Allerdings gibt es in Einzelfällen interessante Überlegungen (vergl. unten).

Niedriges Niveau:
Einige Schülerinnen und Schüler geben in ihren Texten zwar Messwerte an, dokumentieren allerdings nicht oder nur vage, wie sie ihre Untersuchungen durchgeführt haben. Andere fertigen sehr unklare (eigentlich falsche) Versuchszeichnungen oder unscharfe Fotos an:

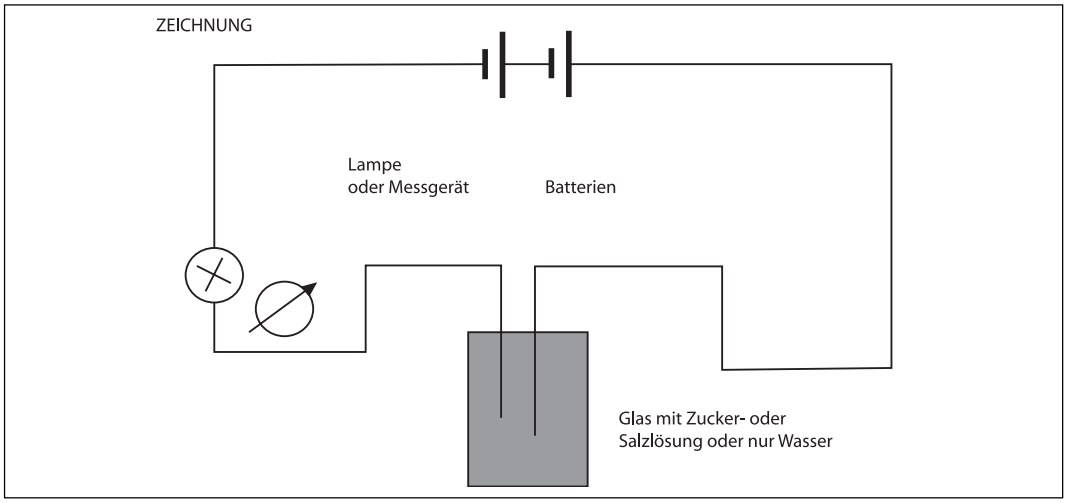


(aus dem Schülerprotokoll, 2 Schülerinnen, 9. Klasse)



(aus dem Schülerprotokoll, 2 Schüler, 9. Klasse)

Hohes Niveau:
Diese Schüler fertigen eine „professionelle“ Versuchskizze an, in der nur noch die Beschriftung der Elektroden fehlt.



(aus dem Schülerprotokoll, 2 Schüler, 9. Klasse)

Interessant ist auch die Bestimmung der Dichte von Salz und Zucker. Die meisten Experimentatoren haben gleiche Mengen der Stoffe (in g) in gleichen Volumina Wasser abgewogen und verglichen. Dabei wurden zwar von den tatsächlichen Dichten stark abweichende Werte bestimmt, die aber in der Relation richtig waren. Einige Schülerinnen und Schüler entwickelten originelle Ansätze:

Aufbau

Die Dichte (g/cm³) ist ein Wert um Stoffe zu charakterisieren. Deshalb wollten wir die Dichte von Salz und Zucker bestimmen. Das Problem dabei war, dass wir nicht einfach z. B. 1 cm³ Salz bzw. Zucker auswiegen konnten. Das Salz und der Zucker bestanden aus Körnchen (Kristallen), zwischen denen sich Luft befand. Um das wahre Volumen zu kennen, musste das Volumen der Luft zwischen den Kristallen bestimmt und abgezogen werden.

Wir haben dazu folgende Methode entwickelt: Zuerst wogen wir ein leeres Reagenzglas (plus einen kleinen Kunststoffbecher damit das Reagenzglas nicht umkippte). Dann füllten wir es bis ungefähr zu einem Drittel mit Salz oder Zucker und wogen es erneut. Somit war das Gewicht des Zuckers (Gesamtgewicht - Leergewicht bekannt). Als nächstes füllten wir mit einer Pipette 15 mL Speiseöl hinzu und schüttelten das ganze sehr lange und gründlich, so dass die Kristalle im Öl schwammen (wir nahmen Öl, weil sich Salz und Zucker darin nicht lösen). Jetzt mussten wir nur noch das Gesamtvolumen des Salz (bzw, Zucker)/Öl-Gemisches ermitteln und die 15 mL (Öl) davon abziehen um das Volumen des Salzes (bzw.) Zuckers zu berechnen.

(aus dem Schülerprotokoll, 9. Klasse)

Obige Schüler bestimmten dabei Dichtewerte, die den realen Werten schon sehr nahe kommen.

Niveaustufen der Dokumentation der quantitativen Versuchsergebnisse:

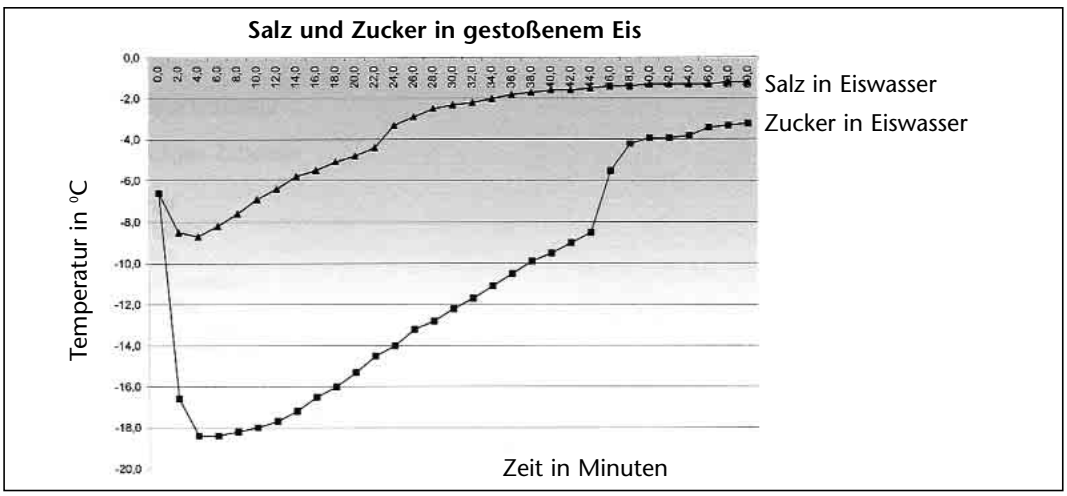
Niedriges Niveau:
Einige Schülerinnen und Schüler haben ihre Versuchsergebnisse zum Teil unübersichtlich in eine reine Textform gebracht.

Hohes Niveau:
Ein höheres Maß der Dokumentationsfähigkeit (Lesekompetenz: Umgang mit nichtkontinuierlichen Texten) stellt die Erfassung von Daten in Tabellenform dar. Zu dieser Form haben sich die meisten Schülerinnen und Schüler entschlossen. Dabei zeigen einige Jugendliche bereits ein großes Maß an Präzision der Dokumentation:

Lösungsmitttel	**+ 0,2 g Zucker**		**+ 0,2 g Salz**	
jeweils 5 ml	**gelöst?**	**Beobachtung**	**gelöst?**	
Wasser	Ja	Schäumt beim Schütteln, nach wenigen Sekunden gelöst	Ja	wie bei Zucker
96% Alkohol	nein	Nach dem Schütteln setzt sich ein Teil des Zuckers am Boden ab, die Flüssigkeit darüber bleibt weißlich trüb - mindestens 30 min lang	nein	das Salz setzt sich am Boden ab, Flüssigkeit darüber wasserklar
Benzin	nein	Zucker setzt sich unten ab	nein	Salz klebt nach dem Schütteln am Reagenzglas, besonders oben
Aceton	nein	Zucker setzt sich nach dem Schütteln unten ab, Flüssigkeit darüber bleibt länger trüb als beim Salz	nein	Salz setzt sich nach dem Schütteln schneller unten ab als der Zucker, Flüssigkeit darüber bleibt klar
25% Essigessenz	Ja	Flüssigkeit nach dem Schütteln wasserklar, einzelne Körnchen schwimmen noch in der Flüssigkeit. Nach weiterem kurzen Schütteln ist alles gelöst.	Ja	nach kurzem Schütteln ist alles gelöst.

(aus dem Schülerprotokoll, Schüler, 7. Klasse)

Viele Schülerinnen und Schüler sind auch in der Lage, ihre Versuchsergebnisse in Kurven- und Säulendiagramme zu übertragen, wobei Säulendiagramme in diesem Zusammenhang weniger sinnvoll sind:



(aus dem Schülerprotokoll, drei Schülerinnen, 5. Klasse)

Obige Schülerinnen der 5. Klasse vereinigen ihre Messergebnisse sehr übersichtlich und gut vergleichbar in einem Kurvendiagramm.

Niveaustufen der Schlussfolgerungen:

Niedriges Niveau:
Einige Schülerinnen und Schüler bekommen zwar richtige Versuchsergebnisse, entwickeln aber keine Ansätze zur Deutung bzw. stellen wenig zwingende oder falsche Schlussfolgerungen auf.

Erwähnt wurden bereits die Widersprüche bzw. Unklarheiten in Zusammenhang mit dem Schmelzen von Eis mit Salz (vergl. oben).

Hohes Niveau:
Entsprechend der Altersgruppe sind den Schülerinnen und Schülern die Zusammenhänge zwischen Dampfdruck von Wasser, Gefrierpunktserniedrigung nach Lösen von Salz, Verdopplung der Gefrierpunktserniedrigung beim Auflösen eines zweiionigen Salzes (Kochsalz), Hydrationsenergie usw. noch unbekannt.

Allerdings können einige Schülerinnen und Schüler bereits sehr gut ihre Probleme beim Deuten obiger Vorgänge (z. B. Schmelzen von Eis, Absinken der Wassertemperatur) formulieren:

Im Kinderbrockhaus steht, dass ... zum Schmelzen Energie notwendig ist, die als Wärme der Umgebung entzogen wird... Warum Eis trotz der kälteren Temperatur schmilzt (-16 Grad Celsius), kann ich nicht erklären.

(aus einem Schülerinnenprotokoll, 7. Klasse)

Wenige Jugendliche gehen in ihren Schlussfolgerungen darüber hinaus:

Der Dampfdruck des Wassers entsteht dadurch, dass Wasserteilchen beim Erwärmen aus der Oberfläche austreten. Wenn man ein Salz (Kochsalz)im Wasser löst, können nicht mehr so viele Wasserteilchen entweichen und der Siedepunkt steigt. Umgekehrt sinkt der Gefrierpunkt und das Eis fängt an zu schmelzen.
Zucker zeigt dies weniger. Deshalb benutzt man Salz und nicht Zucker im Winter zum Streuen.

(aus einem Schülerprotokoll, 10. Klasse)

4. Der Wettbewerb NATEX in Hamburg

4.1 Entwicklung des Wettbewerbs

„In der kalten Jahreszeit versuchen wir unsere Abwehrkräfte mit Vitaminen aus Obst und Brausetabletten zu stärken. Dabei können wir das Auflösen einer Brausetablette beobachten und – natürlich – genauer untersuchen! Wie viel Gas entsteht eigentlich dabei? Ist es immer gleich viel?

Zusätzlich zu chemisch-physikalischen Untersuchungen kann ein mit Brausetabletten düsengetriebenes Raketenboot gebaut werden...„ Dies ist eine der Aufgaben, mit denen sich Schülerinnen und Schüler im Rahmen des Programms NATEX beschäftigen. „Baue ein Raketenboot, das mit einer Brausetablette „betankt“ wird. Versuche, möglichst einfachste Materialien zu verwenden, z. B. eine Filmdose. Fange das entstehende Gas jeweils mit einem umgedrehten, wassergefüllten Glas in einer Plastikschüssel auf. Wie viel Gas wird von einer Tablette freigesetzt? Wie viel Gas wird von zwei Tabletten freigesetzt? Macht die Wassertemperatur einen Unterschied aus, arbeite bei verschiedenen Temperaturen. — Wie lange dauert der Auflösevorgang bei verschiedenen Temperaturen oder wenn du die Brausetablette vorher zerkleinerst?“

So ging es 2002 los, als zuerst alle Hamburger Schülerinnen und Schüler der 5. bis 10. Klassen, später auch der 4. Klassen, mit einfachsten Mitteln zu Hause als Jungforscher tätig wurden.

Inzwischen ist NATEX kein Neuling mehr in der Hamburger Wettbewerbslandschaft, sondern ein echtes Erfolgsmodell! Wie kam es zu diesem Erfolg und was steckt hinter dem Namen NATEX?

Im Rahmen der Förderung naturwissenschaftlich-technisch interessierter Schülerinnen und Schüler kann Hamburg seit langem zahlreiche und erfolgreich Teilnahme an den Wettbewerben Jugend forscht, Schüler experimentieren und den internationalen naturwissenschaftlichen Olympiaden vorweisen.

Für die Frühförderung werden die Probex-Kurse angeboten, die für interessierte Grundschülerinnen und Grundschüler durchgeführt werden.

Obwohl „Schüler experimentieren“ und „Jugend forscht“ schon für alle Schülerinnen und Schüler offen stehen, bleibt durch die Form der Wettbewerbe eine Einstiegsschwelle für diejenigen Schülerinnen und Schüler, die sich nicht in der Lage sehen, sich selbst Themen zu suchen.

Um sowohl die zeitliche Lücke zwischen Probex und Schüler experimentieren für die Grundschüler zu schließen, als auch für das Gros der Schülerinnen und Schüler ein niedrigschwelliges Einstiegsangebot in die Wettbewerbslandschaft zu schaffen, wurde im Landesinstitut für Lehrerbildung und Schulentwicklung nach dem Vorbild anderer Bundesländer, bzw. parallel zu diesen, der Aufgabenwettbewerb NATEX – naturwissenschaftliches Experimentieren – ins Leben gerufen.

Adressaten für diesen Wettbewerb sind alle Hamburger Schülerinnen und Schüler der Klassen 4 bis 10 aller Schulformen. Die Aufgaben werden unter ein Oberthema gestellt und die Anforderungen nach Altersstufen gestaffelt.

NATEX ist somit Teil eines ganzheitlichen Angebotes der Begabtenförderung im Bereich der Naturwissenschaften, das in der Grundschule beginnt und die Breiten- und Spitzenförderung verbindet.

Obwohl der Wettbewerb von den Chemikern des Landesinstituts initiiert wurde, arbeiteten von Anfang an im NATEX-Team Kollegen aller drei Naturwissenschaften zusammen. Die Aufgaben sind, im Gegensatz zu denen anderer Bundesländer, Fächer übergreifend bzw. verbindend und im Wechsel einer der drei Naturwissenschaften enger zuzuordnen.

Was kaum jemand ahnen konnte: der Wettbewerb traf offensichtlich eine Marktlücke. Die Akzeptanz durch Schülerinnen und Schüler und Schulen ist enorm hoch, und in jedem Durchgang explodieren erneut die Teilnehmerzahlen. Teilweise nehmen geschlossene Jahrgänge der Schulen am Wettbewerb teil!

Schon in der ersten Runde nahmen 575 Schülerinnen und Schüler aus 58 Schulen aller allgemein bildenden Schulformen teil. Dabei ist die Qualität der Ergebnisse kontinuierlich gestiegen. Insgesamt konnten 2006 schon 36 Schülerinnen und Schüler für herausragende Arbeiten mit einem 1. Preis ausgezeichnet werden, was einer Verdopplung im Vergleich zum Vorjahr entspricht. Die Zahl der 2. Preise hat sich mit 181 in diesem Jahr sogar fast verdreifacht. Darüber hinaus wurde 464 mal ein 3. Preis vergeben.

Nachdem der NATEX-Wettbewerb schon im letzten Jahr große Zuwachsraten verzeichnen konnte, hat sich die Zahl der Arbeiten und der teilnehmenden Schüler in diesem Jahr wieder mehr als verdoppelt. Mehr als 1100 Arbeiten wurden im laufenden Wettbewerb eingereicht, wobei die Aufgaben „Schiffe versenken“ und „Zucker und Salz“ in etwa gleichen Zuspruch erhielten. Die Zahl der Schülerbeteiligungen stieg dabei auf fast 2200, womit der NATEX-Wettbewerb seine Position unter den größten Schülerwettbewerben Hamburgs weiter festigen konnte. Dabei steht die Zahl der teilnehmenden Mädchen (961 Beteiligungen) der der Jungen (1225) kaum nach.

Obwohl die Gymnasien die größte Gruppe unter den Teilnehmern stellen, haben sich

von Anfang an Schülerinnen und Schüler aller Schulformen beteiligt. Gerade aus dem Bereich der Haupt- und Realschulen kam die Rückmeldung, dass sich NATEX dort zu einem Motivationswunder entwickelt, wo der Schritt zu Jugend forscht oder den naturwissenschaftlichen Olympiaden einfach zu groß erscheint.

Um dieses Motivationspotential weiter zu nutzen, werden derzeit die NATEX-Aufgaben überarbeitet, um als „NATEX light“ den Ansprüchen der sogenannten PISA-Risikoschüler gerecht zu werden. Die Beschäftigung mit den angepassten Aufgaben soll nicht zuletzt auch die sprachliche Kompetenz der Schülerinnen und Schüler erhöhen und damit auch in den Haupt- und Förderschulen dem Bildungsanspruch der Naturwissenschaften gerecht werden.

Damit hat sich NATEX vom Einsteigerangebot zum naturwissenschaftlichen Wettbewerb mit der größten Verbreitung in Hamburg entwickelt. Ein Ende dieser Entwicklung ist nicht in Sicht. Mittlerweile wird die Teilnahme am Wettbewerb explizit in den Rahmenplänen für Natur und Technik empfohlen.

Neben den Urkunden, die für die Teilnahme ausgestellt werden, können die Schülerinnen und Schüler Preise gewinnen, die von den Sponsoren des Wettbewerbs gespendet werden. Zusätzlich werden die besten Schülerinnen Schülerinnen und Schüler, die an zwei Runden erfolgreich teilgenommen haben, wieder im Rahmen des Wettbewerbsfestes der Freien und Hansestadt Hamburg geehrt.

Die attraktiven Urkunden, die die Teilnahme am Wettbewerb bescheinigen und die erreichte Niveaustufe ausweisen, könnten in Zukunft einen festen Platz in einem Schüler-Portfolio finden.

Wie läuft´s?

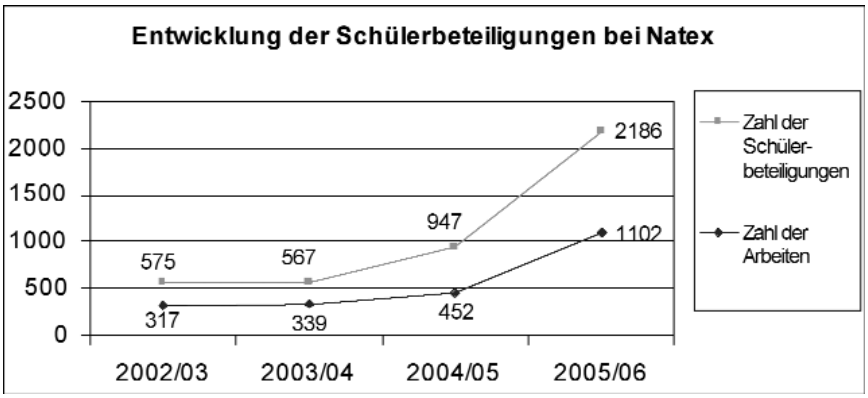
Zweimal im Jahr gibt es neue Aufgaben, die allein, zu zweit oder zu dritt bearbeitet werden können. Die Aufgaben erscheinen jeweils im September und im Februar.

Von der Arbeit wird ein Versuchsbericht angefertigt, der an das NATEX-Team geschickt wird.

Der Versuchsbericht sollte natürlich korrekt sein - aber auch besonders originelle Darstellungen werden belohnt!

Bei der Bewertung des Versuchsberichtes wird die Jahrgangsstufe berücksichtigt. Ein Viertklässler mit einem tollen Versuchsbericht kann also gegen einen Zehntklässler gewinnen!

Die Gewinner werden schriftlich benachrichtigt.



Wo gibt‘s die Wettbewerbsunterlagen?

- ab Mitte September und Februar bei allen Lehrkräften der Fächer Biologie, Chemie und Physik oder
- im Internet unter www.natex-hamburg.de
- im Landesinstitut für Lehrerbildung und Schulentwicklung unter der Telefonnummer 42801-23 85, Kennwort NATEX
- Der Einsendetermin für den Versuchsbericht steht jeweils auf dem Aufgabenblatt.

Projektkoordination:

Rainer Wagner, Arbeitsbereich Chemie am Landesinstitut für Lehrerbildung und Schulentwicklung,
Felix-Dahn-Str. 3, 20357 Hamburg,
Tel. 040 428 01-23 85; Labor: -3571;
Fax: -27 99,
E-Mail: rainer.wagner@li-hamburg.de
In Zusammenarbeit mit Frau Dr. Elke Hertel, Referat Schülerwettbewerbe
NATEX-Team:
Biologie: Willi Kössler (†), Klaus Ohrner, Olaf Schmidt
Chemie: Claudia Körper, Marlon Körper, Rainer Wagner
Physik: Christian Kleinert, Oliver Liebenberg, Markus Ziebegk
Unterstützt von der Wasserstoff-Gesellschaft Hamburg e.V. und dem Fonds der Chemischen Industrie

4.2 Die bisherigen Aufgaben des Wettbewerbs

- Wer rastet, der rostet? Rostige Zeiten
- Viel hilft viel?
- Gib Gummi – Autos ohne Benzin ...
- Brausetabletten – Düsenantrieb und Vitaminpower ...
- Rin in de Kartüffel
- Kunterbunte Pflanzenfarben – Indikatorfarbstoffe als „Detektive“
- Schiffe versenken – Wer baut das tragfähigste Schiff?
- Salz und Zucker – Zwillinge?
- Lockere Pizza – kriegst du das gebacken?

NATEX

Naturwissenschaftliches Experimentieren
Biologie – Chemie – Physik

Experimentalwettbewerb der Klassen 5 – 10 in Hamburg — Aufgabe 1 – 2002/2003

Wer rastet, der rostet?
Ros(t)ige Zeiten...

Wie du sicher aus eigener Erfahrung weißt, rosten ungeschützte Gegenstände aus Eisen, die man offen an der Luft liegen lässt, innerhalb kurzer Zeit.
Jährlich verrosten weltweit etwa 300 Millionen Tonnen Eisen, ein Drittel der Weltjahresproduktion!
Untersuche nun experimentell den Vorgang des Rostens und seine Folgen.

Die Experimente:

A. Überlege dir Versuchsanordnungen, mit denen du überprüfen kannst, wie es sich mit dem Rosten in den folgenden Flüssigkeiten verhält, die du dir sicher alle besorgen kannst:
a) Leitungswasser, b) Cola, c) Zitronensaft, d) Salzwasser.
Verwende für die Versuche Eisennägel, die du vorher blank poliert hast.

B. Untersuche, wie sich eine Kugelschreiberfeder beim Rosten verändert. Hänge dazu ein Gewicht an eine Kugelschreiberfeder und miss die Verlängerung der Feder durch das Gewicht. (Achte darauf, dass du die Feder nicht überdehnst!) Lass die Feder in Salzwasser verrosten und miss in wöchentlichem Abstand erneut die Verlängerung der Feder durch das Gewicht.

Dein Versuchsbericht:

Beschreibe die Versuchsaufbauten, die Versuchsdurchführungen und die Beobachtungen, die du gemacht hast. Ergänze den Versuchsbericht mit Fotos und Zeichnungen.
Schülerinnen und Schüler der Klassen 5 und 6 haben damit schon die Aufgabe der ersten Runde erfüllt.

Zusätzlich für Klasse 7 – 10:

1. Erweitere (deute) deine Beobachtungen zu Experiment A.
2. Stelle die Ergebnisse des Federexperiments (Versuch B) graphisch dar.
3. Überprüfe experimentell, wie sich weitere Metalle unter den von dir gewählten Bedingungen verhalten, z.B. Aluminium (Folie), Kupfer (Draht), Zink (Blech), Zinn (Lötzinn). Erweitere deinen Versuchsbericht um diese Versuche (Experiment C).

Zusätzlich für Klasse 9/10:

1. Erkläre (deute) deine Beobachtungen zu Experiment C.
2. Bestimme die Federkonstanten.

Wohin mit dem Versuchsbericht?

Ihr könnt allein, zu zweit oder zu dritt arbeiten und über eure Lehrerin oder euren Lehrer den Versuchsbericht mit der Behördenpost unter dem Stichwort „NATEX" an: IfL Hamburg, z. Hd. Rainer Wagner, LZ 745/5026 oder per Post an IfL Hamburg, z. Hd. Rainer Wagner, Felix-Dahn-Str. 3, 20357 Hamburg senden.
Nur solche Versuchsberichte können berücksichtigt werden, die auf jeder Seite Name, Klasse und Schulanschrift enthalten. Einsendeschluss ist der 12.12.2002.
Leider können wir eure Versuchsberichte nicht zurückschicken. Der Rechtsweg ist ausgeschlossen.
Am 15. Februar folgen die Aufgaben der zweiten Runde.

NATEX

Naturwissenschaftliches Experimentieren
Biologie – Chemie – Physik

Experimentalwettbewerb der Klassen 5 – 10 in Hamburg Aufgabe 2 – 2003

Viel hilft viel?

Wie du sicher aus eigener Erfahrung weißt, brauchen alle Lebewesen Wasser. – Reicht das?
Bei Tieren reicht es auf jeden Fall nicht, sie müssen auch noch andere Stoffe zu sich nehmen.
Aber wie ist das bei Pflanzen? Was brauchen sie noch? Wie viel davon?

Die Experimente:

Bereite vier flache Schalen vor, in die du zuerst saugfähiges Papier (z. B. Kaffeefilter) und anschließend jeweils ca. zehn Kressesamen legst.
Versetze die vorbereiteten Schalen mit je einer der folgenden Flüssigkeiten:
1. Leitungswasser,
2. Flüssigdünger (Dosierung wie vom Hersteller angegeben),
3. Flüssigdünger (doppelte Düngermenge wie vom Hersteller angegeben),
4. Flüssigdünger (halbe Düngermenge wie vom Hersteller angegeben).

Achte darauf, dass die Samen nicht schwimmen, aber das Filterpapier stets feucht ist.
Verschließe nach jedem Giessen die Schalen mit einer durchlöcherten Frischhaltefolie und stelle sie bei Raumtemperatur an einen gut belichteten Ort (z. B Fensterbank). Miss an den folgenden Tagen in regelmäßigen Abständen Wurzel- und Stängellänge.

Dein Versuchsbericht:

Beschreibe die Versuchsaufbauten, die Versuchsdurchführungen und die Beobachtungen, die du gemacht hast. Ergänze den Versuchsbericht mit Fotos und Zeichnungen.
Schülerinnen und Schüler der Klassen 5 und 6 haben damit die Aufgabe erfüllt.

Zusätzlich für Klasse 7 – 10:

1. Erweitere obige Versuchsreihe, indem du zusätzliche Schalen mit Kressesamen ansetzt und die Düngermenge veränderst.
2. Stelle deine Messergebnisse graphisch dar.
3. Ziehe aus den Versuchen Schlussfolgerungen bezüglich der besten Düngermenge.

Zusätzlich für Klasse 9/10:

1. Erkläre (deute), warum Wasser allein für Pflanzen nicht ausreicht und ob viel Dünger wirklich viel hilft.
2. Entwickle einen eigenen Dünger und erprobe ihn.
   Begründe deine Auswahl.

Wohin mit dem Versuchsbericht?

Ihr könnt allein, zu zweit oder zu dritt arbeiten und über eure Lehrerin oder Lehrer den Versuchsbericht mit der Behördenpost unter dem Stichwort „NATEX" an: IfL Hamburg, z. Hd. Rainer Wagner, LZ 745/5026 oder per Post an IfL, Hamburg, z. Hd. Rainer Wagner, Felix-Dahn-Str. 3, 20357 Hamburg senden.
Nur solche Versuchsberichte können berücksichtigt werden, die auf jeder Seite Name, Klasse und Schulanschrift enthalten. Einsendeschluss ist der 6. Juni 2003. Leider können wir eure Versuchsberichte nicht zurückschicken. Der Rechtsweg ist ausgeschlossen.
Es gibt Urkunden und Preise. Zusätzlich werden die besten Schülerinnen und Schüler im Rahmen des Wettbewerbsfestes im Dezember 2003 geehrt.
Am 15. September 2003 gibt es neue Aufgaben für das Jahr 2003/2004.

NATEX

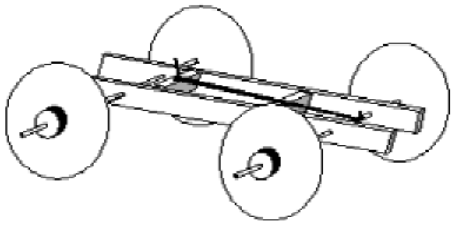
Naturwissenschaftliches Experimentieren
Biologie – Chemie - Physik

Unterstützt von:

WASSERSTOFF-GESELLSCHAFT HAMBURG E.V.

http://www.h2hh.de

Experimentalwettbewerb der Klassen 5 – 10 in Hamburg — Aufgabe 1-2003/2004



Gib Gummi –
Autos ohne Benzin…

Die ersten benzingetriebenen Automobile wurden schon vor 117 Jahren von Carl Benz und Gottfried Daimler in Deutschland erbaut. Seit Dieser Zeit hat sich nicht nur das Aussehen, sondern auch der Antrieb der Autos immer wieder verändert. Heute bauen wir Autos, die Immer sicherer sind und die Umwelt immer weniger belasten.
- Und jetzt sollt ihr zeigen, was ihr so für Automobile aus einfachsten Materialien konstruieren könnt…

Die Experimente:

1. Baue ein Auto, das mit einem Gummiring (Durchmesser: ca. 4 cm; Dicke: maximal 2 mm) angetrieben wird. Du kannst dich an der Skizze orientieren. Der Gummiring soll so auf der Achse befestigt werden, dass er durch Drehen der Achse aufgewickelt und gespannt werden kann. Als Material eignen sich für die Räder z. B. Marmeladendeckel oder CDs, für die Achsen z. B. Stricknadeln, Speichen oder Schaschlikspieße.
2. Probiere aus, wie weit dein Auto fährt, und versuche es so zu verbessern, dass es möglichst weit fährt.
3. Miss die Fahrstrecke und Fahrzeit deines Autos bei voll aufgezogenem Gummi mehrmals.
4. Wiederhole die Messungen mit unterschiedlich stark aufgezogenem Gummi (gib dabei die Zahl der Wicklungen an).

Dein Versuchsbericht:

Beschreibe den Bau und die Konstruktion deines Autos. Ergänze deine Beschreibung durch Fotos und Zeichnungen. Beschreibe den Aufbau und die Durchführung der Versuche sowie die Beobachtungen und Messungen, die du gemacht hast.
Schülerinnen und Schüler der Klassen 5 und 6 haben damit die Aufgabe erfüllt.

Zusätzlich für Klasse 7 – 10:

1. Erweitere die Versuchsreihe von 4., indem du die Durchschnittsgeschwindigkeit auf den ersten drei Metern bestimmst.
2. Erweitere die Versuchsreihe von 3., indem du das Auto mit verschiedenen Zusatzmassen beschwerst.
3. Untersuche die Zusammenhänge genauer, indem du die Ergebnisse der Versuche graphisch darstellst und Schlussfolgerungen ziehst.

Zusätzliche für Klasse 9/10:

Bestimme die maximale Energie, die in eurem Gummizug gespeichert werden kann. Dokumentiere den Versuch.
Dein gummibetriebenes Auto produziert zwar keine Abgase, ist aber für die Praxis nicht geeignet. Ein praxistaugliches, umweltfreundliches Auto fährt beispielsweise mit Wasserstoff und arbeitet mit Brennstoffzellen. Erkundige dich über diese und weitere umweltfreundliche Antriebstechniken und stelle diese übersichtlich dar. Informationen hierüber kannst du z. B. im Internet erhalten.

Wohin mit dem Versuchsbericht:

Ihr könnt allein, zu zweit oder zu dritt arbeiten und über eure Lehrerin oder euren Lehrer den Versuchsbericht mit der Behördenpost unter dem Stichwort „NATEX" an: Landesinstitut für Lehrerbildung und Schulentwicklung Hamburg, z. Hd. Rainer Wagner, LZ 105/5026 oder per Post an Landesinstitut für Lehrerbildung und Schulentwicklung Hamburg, z. Hd. Rainer Wagner, Felix-Dahn-Str. 3, 20357 Hamburg senden. Einsendeschluss ist der 30. November 2003. Leider können wir eure Versuchsberichte nicht zurückschicken. Der Rechtsweg ist ausgeschlossen.
→ Abschlussveranstaltung und Preisverleihung am 23. März 2004 in der Handelskammer.
Es gibt diesmal Sachpreise zu gewinnen, z. B. Experimentierkästen zur Wasserstofftechnologie.
Zusätzlich werden die besten Schülerinnen und Schüler, die an zwei Runden erfolgreich teilgenommen haben, im Rahmen des Wettbewerbfestes im Dezember 2004 geehrt.
Am 15. Februar 2004 folgen die Aufgaben der zweiten Runde.

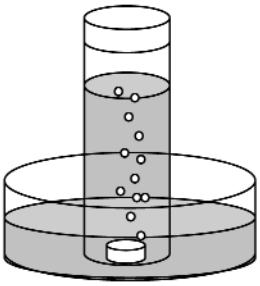
NATEX

Naturwissenschaftliches Experimentieren
Biologie – Chemie – Physik

Experimentalwettbewerb der Klassen 5 –10 in Hamburg Aufgabe 2-2003/2004

Brausetabletten–
Düsenantrieb und Vitaminpower...

In der kalten Jahreszeit versuchen wir unsere Abwehrkräfte mit Vitaminen aus Obst und Brausetabletten zu stärken. Dabei können wir das Auflösen einer Brausetablette beobachten und – natürlich - genauer untersuchen! Wie viel Gas entsteht eigentlich dabei? Und ist es immer gleich viel? Sicherlich könnt Ihr einiges dazu herausfinden!
Zusätzlich zu den chemisch-physikalischen Untersuchungen sollt ihr ein mit Brausetabletten düsengetriebenes Raketenboot bauen...



Die Experimente:

Baue ein Raketenboot, das mit einer Brausetablette „betankt" wird. Versuche, möglichst einfachste Materialien zu verwenden, z.B. eine Filmdose.
Fange das entstehende Gas jeweils mit einem umgedrehten, wassergefüllten Glas in einer Plastikschüssel auf. - Wie viel Gas wird von einer Tablette freigesetzt? – Wie viel Gas wird von zwei Tabletten freigesetzt? – Macht die Wassertemperatur einen Unterschied aus, arbeite bei verschiedenen Temperaturen. – Wie lange dauert der Auflösevorgang bei verschiedenen Temperaturen oder wenn du die Brausetablette vorher zerkleinerst?

Dein Versuchsbericht:

Beschreibe den Bau und die Funktionsweise deines Bootes. Wie weit fährt es mit einer Tablette? Ergänze deine Beschreibung durch Fotos und Zeichnungen.
Beschreibe den Aufbau und die Durchführung der anderen Versuche sowie die Beobachtungen und Messungen, die du gemacht hast.
Schülerinnen und Schüler der Klassen 5 und 6 haben damit die Aufgabe erfüllt.

Zusätzlich für Klasse 7-10:

Stelle eine Tabelle mit den Bestandteilen von Brausetabletten zusammen. Überprüfe durch weitere Versuche, welche Stoffe für die Gasentwicklung verantwortlich sind. Protokolliere die Versuche und die Ergebnisse.
Hinweis: Nicht alle Inhaltsstoffe sind immer angegeben. Vergleiche mehrere Produkte und informiere dich weiter.

Zusätzlich für Klasse 9/10:

Formuliere die Reaktionsgleichungen zum Auflösen der Tabletten bzw. zur Gasentwicklung. Informiere dich über eine Nachweisreaktion des entstehenden Gases und formuliere auch hierfür die Reaktionsgleichung.

Wohin mit dem Versuchsbericht?

Ihr könnt allein, zu zweit oder zu dritt arbeiten und über eure Lehrerin oder euren Lehrer den Versuchsbericht mit der Behördenpost unter dem Stichwort „NATEX" an: Landesinstitut für Lehrerbildung und Schulentwicklung Hamburg, z. Hd. Rainer Wagner, LZ 745/5026 oder per Post an Landesinstitut für Lehrerbildung und Schulentwicklung Hamburg, z. Hd. Rainer Wagner, Felix-Dahn-Str. 3, 20357 Hamburg senden. Einsendeschluss ist der 30. April 2004.
Leider können wir eure Versuchsberichte nicht zurückschicken. Der Rechtsweg ist ausgeschlossen.
Es gibt Urkunden und Preise. Zusätzlich werden die besten Schülerinnen und Schüler, die an zwei Runden erfolgreich teilgenommen haben, im Rahmen des Wettbewerbfestes im Dezember 2004 geehrt.
Am 9. September 2004 gibt es neue Aufgaben für das Jahr 2004/2005.

www.natex-hamburg.de

Naturwissenschaftliches Experimentieren

NATEX

Experimentalwettbewerb der Klassen 5 – 10 in Hamburg Aufgabe 1-2004/2005

Rin in de ***Kartüffel***

Kartoffeln gibt es in Europa erst seit Mitte des 15. Jahrhunderts. Sie stammen aus den Bergen Südamerikas, wo die „Urkartoffel“ noch heute als Wildpflanze wächst. Die Inkas, südamerikanische Indianer, züchteten daraus schon über 400 Kartoffelsorten. Spanische Seefahrer brachten die Kartoffeln mit nach Europa.
Kartoffeln haben also eine spannende Geschichte hinter sich und sie entwickelten sich bei uns im Laufe der Zeit zu einem Grundnahrungsmittel. Aber man kann sie nicht nur essen, sondern auch für vielfältige Experimente verwenden.

Die Experimente:

Die mit Stern (*) gekennzeichneten Chemikalien erhältst du in der Apotheke, in der Schule oder im Landesinstitut. Du benötigst etwas Glycerin, eine 3%ige Wasserstoffperoxidlösung und ca. 5g Kaliumiodid.
Informiere deine Eltern, wenn du die Versuche durchführst!

1. Vermische z.B. in einem Marmeladenglas ca. 2 Teelöffel Kartoffelmehl und 1 Esslöffel Glycerin* in ausreichend Wasser und erhitze die Mischung einige Minuten im kochenden Wasserbad. Gieße anschließend die entstandene klare Flüssigkeit vorsichtig auf eine dir geeignet erscheinende Unterlage. Nach dem Trocknen kannst du die so entstandene Folie abziehen. Versuche auch, deine Folien anzufärben!
2. Püriere oder reibe einige Kartoffeln und presse sie in einem Küchentuch so gut wie möglich aus. Fange den Kartoffelpresssaft in einem Gefäß auf und verwende ihn stets ganz frisch!
   Vermische anschließend z.B. in einer offenen Babyflasche ca. 20 ml einer 3%igen Wasserstoffperoxidlösung* mit 20 ml Kartoffelpresssaft. Den entstandenen Schaum lässt du durch Zugabe von etwas Wasser sowie durch kräftiges Schütteln (Gefäß hierfür gut verschließen!) zusammenfallen. Untersuche dann die „Luft“ im Gefäß mit einem noch glimmenden, aber nicht mehr brennenden Holzspieß.
   Experimentiere nun (ohne Holzspieß) mit unterschiedlichen Mengen an 3%iger Wasserstoffperoxidlösung und Kartoffelpresssaft und teste dabei auch unterschiedliche Temperaturen des Kartoffelpresssaftes.

Dein Versuchsbericht:

Beschreibe den Aufbau und die Durchführung der Versuche, die du gemacht hast! Überprüfe die Folien hinsichtlich ihrer Eigenschaften und Verwendung, vergleiche sie mit herkömmlichen Haushaltsfolien.
Beschreibe deine Beobachtungen und Ergebnisse und ergänze deine Beschreibung durch Fotos und Zeichnungen!
Schülerinnen und Schüler der Klassen 5 und 6 haben damit die Aufgabe erfüllt.

Zusätzlich für Klasse 7-10:

Löse eine kleine Menge Kaliumiodid* in einem Glas und gib einige Milliliter der 3%igen Wasserstoffperoxidlösung hinzu. Schabe nun mit einem Teelöffel eine kleine Menge von dem weißen Stoff ab, der sich im Gefäß mit dem Kartoffelpresssaft abgesetzt hat, und gib ihn zur Kaliumiodid-/Wasserstoffperoxid-Mischung! Was lässt sich beobachten? Wiederhole das Experiment ohne Zugabe der Wasserstoffperoxidlösung.
Stelle außerdem die Ergebnisse von 2.) grafisch dar.

Zusätzlich für Klasse 9/10:

Suche nach Erklärungen für die Experimente. Erstelle hierzu soweit möglich auch die Reaktionsgleichungen.

Wohin mit dem Versuchsbericht?

Ihr könnt allein, zu zweit oder zu dritt arbeiten und über eure Lehrerin oder euren Lehrer den Versuchsbericht mit der Behördenpost unter dem Stichwort „NATEX“ senden an: Landesinstitut für Lehrerbildung und Schulentwicklung Hamburg, z. Hd. Rainer Wagner, LZ 745/5026 oder per Post an Landesinstitut für Lehrerbildung und Schulentwicklung Hamburg, z. Hd. Rainer Wagner, Felix-Dahn-Str. 3, 20357 Hamburg. Einsendeschluss ist der 30. November 2004.
Leider können wir eure Versuchsberichte nicht zurückschicken. Der Rechtsweg ist ausgeschlossen.
Am 15. Februar gibt es die zweite Aufgabe für das Schuljahr 2004/2005.
Es gibt Urkunden und Preise. Zusätzlich werden die besten Schülerinnen und Schüler, die an zwei Runden erfolgreich teilgenommen haben, im Rahmen des Wettbewerbfestes geehrt.

www.natex-hamburg.de

Naturwissenschaftliches Experimentieren

NATEX

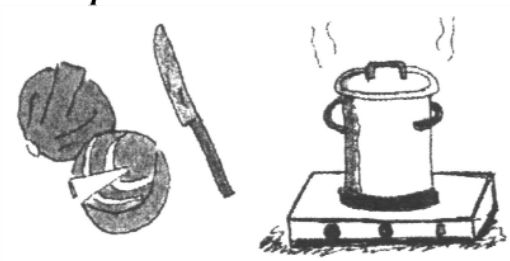
Experimentalwettbewerb der Klassen 4 – 10 in Hamburg Aufgabe 2-2004/2005

Kunterbunte Pflanzenfarben

Indikatorfarbstoffe als „Detektive“

Eine Frühlings-Blumenwiese zeigt die ganze Vielfalt möglicher Pflanzenfarben. Wie eine Blütenfarbe aussieht, hängt jedoch nicht nur vom Farbstoff, sondern auch noch von anderen Bedingungen ab. Manche Farbstoffe („Indikatorfarbstoffe“) verraten zum Beispiel, ob der Zellinhalt der Blütenblätter sauer, seifenähnlich (basisch) oder neutral ist.

Die Experimente:



Herstellen von Rotkohlsaft:
Zerkleinere einige Rotkohlblätter und koche sie mit etwas Wasser etwa 10 Minuten! Achte unbedingt darauf, dich nicht zu verbrühen! Lasse die Flüssigkeit etwas abkühlen und filtriere sie anschließend durch einen Kaffeefilter in ein ausreichend großes Gefäß!

Testreihe mit Rotkohlsaft:
Fülle in kleine Gläser geringe Mengen verschiedener Substanzen: Zitronensaft, Leitungswasser, Seifenlösung (Kernseife in Wasser), Vollwaschmittel-Lösung, Haushaltsessig, Vitamin-C-Lösung, Zucker-Lösung etc! Gib vorsichtig zu jedem Glas Rotkohlsaft dazu, bis sich eine deutliche Färbung zeigt! Entwirf auch eine Versuchsreihe, mit der du überprüfst, ob und wie sich die Farbänderungen wieder rückgängig machen lassen.

Dein Versuchsbericht:

Beschreibe den Aufbau und die Durchführung der Versuche sowie deine Beobachtungen! Veranschauliche deine Darstellung durch Fotos und Zeichnungen! Dokumentiere die Ergebnisse deiner Versuche sorgfältig und teile die untersuchten Stoffe in Gruppen ein!
Schülerinnen und Schüler der Klassen 4 bis 6 haben damit die Aufgabe erfüllt, dürfen aber gerne auch mehr machen.

Zusätzlich für Klasse 7-10:

Verwende statt Rotkohlsaft Fruchtsäfte, Farbstofflösungen aus Blüten oder anderen Pflanzenteilen (z.B. Radieschenschalen) für entsprechende Experimente! Die Farbstoffe lassen sich z.T. auch mit Brennspiritus (ohne Erhitzen!) einfach herauslösen. Teste weitere Substanzen aus dem Haushalt! Protokolliere die Versuche und die Ergebnisse! Erkläre die Versuchsergebnisse mit Hilfe des pH-Wertes!

Zusätzlich für Klasse 9/10:

Gib zu 50 ml Rotkohlsaft einen Teelöffel Kochsalz sowie ein wenig Zitronensaft oder Essig und rühre ca. eine Minute kräftig um. Tränke einen kleinen Streifen Filterpapier (z.B. aus einem Kaffeefilter) mit dieser Lösung und lege den nassen Streifen über die beiden Pole einer 4,5 V Flachbatterie oder eines 9 V Energieblocks. Erkläre die Beobachtung!
Zusatzfrage: Kann man Hortensien als eine Art „lebendiges Lackmuspapier“ für den Boden bezeichnen?

Wohin mit dem Versuchsbericht?

Ihr könnt allein, zu zweit oder zu dritt arbeiten und über eure Lehrerin oder euren Lehrer den Versuchsbericht mit der Behördenpost unter dem Stichwort „NATEX“ senden an: Landesinstitut für Lehrerbildung und Schulentwicklung Hamburg, z. Hd. Rainer Wagner, LZ 745/5026 oder per Post an Landesinstitut für Lehrerbildung und Schulentwicklung Hamburg, z. Hd. Rainer Wagner, Felix-Dahn-Str. 3, 20357 Hamburg senden. Einsendeschluss ist der 30. April 2005.
Leider können wir eure Versuchsberichte nicht zurückschicken. Der Rechtsweg ist ausgeschlossen.
Es gibt Urkunden und Preise. Zusätzlich werden die besten Schülerinnen und Schüler, die an zwei Runden erfolgreich teilgenommen haben, im Rahmen des Wettbewerbfestes im Dezember 2005 geehrt.
Am 15. September gibt es neue Aufgaben für das Schuljahr 2005/2006.

www.natex-hamburg.de

Naturwissenschaftliches Experimentieren

NATEX

Experimentalwettbewerb der Klassen 4 – 10 in Hamburg Aufgabe 1-2005/2006

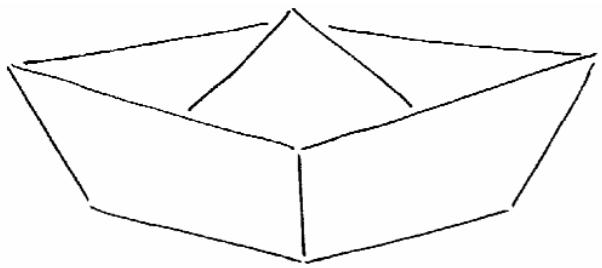
Schiffe versenken-

Wer baut das tragfähigste Schiff?

Die Schiffe, die den Hamburger Hafen anlaufen, werden immer größer und schwerer. Der Tiefgang der Schiffe ist mittlerweile so groß, dass die Elbe zuletzt sogar auf 15,5 m vertieft werden musste. Und ein Ende der Entwicklung ist nicht abzusehen. Doch wie hängen Form der Schiffe, Zuladung und Tiefgang eigentlich zusammen?

Die Experimente:

Beklebe einen Bogen Papier der Größe DIN A4 auf einer Seite mit Aluminiumfolie und falte hieraus ein Schiff in der abgebildeten Form. Achte darauf, dass die mit der Aluminiumfolie beklebte Seite außen ist. Falls du nicht weißt, wie das Schiff gefaltet wird, frage deine Eltern oder Großeltern, die helfen dir bestimmt.



1. Versuch:
Belade dein Schiff mit einem dir geeignet erscheinenden Ballast und bestimme die maximale Zuladung, so dass das Schiff gerade noch im Wasser schwimmt.

2. Versuch:
Verändere nun die Zuladung und bestimme den Tiefgang deines Schiffes in Abhängigkeit der Zuladung. Stelle deine Messwerte grafisch dar.

3. Versuch:
Baue nun ein Schiff, das eine größere Zuladung trägt als das erste Schiff – je größer die Zuladung desto besser. Verwende als Material wieder einen mit Aluminiumfolie beklebten DIN A4 Bogen Papier sowie ggf. Klebstoff oder Klebestreifen. Die Form deines Schiffes ist diesmal beliebig. Vergleiche dein neues Schiff mit dem ursprünglichen Schiff hinsichtlich der Tragfähigkeit, des Tiefgangs und auch der Schwimmeigenschaften.

Dein Versuchsbericht:

Beschreibe den Aufbau und die Durchführung der Versuche sowie deine Beobachtungen und Messungen. Ergänze deine Darstellung durch Fotos und Zeichnungen.
Schülerinnen und Schüler der Klassen 4 bis 6 haben damit die Aufgabe erfüllt, sie dürfen aber gerne auch mehr machen!

Zusätzlich für Klasse 7-10:

4. Versuch:
Miss für unterschiedlich große Zuladungen die Menge des vom Schiff verdrängten Wassers. Es bleibt dir überlassen, welches deiner bisherigen Schiffe du verwendest. Stelle deine Messwerte grafisch dar.

Zusätzlich für Klasse 9/10:

Vergleiche die Messergebnisse des 4. Versuchs mit den theoretisch zu erwartenden Ergebnissen. Beantworte außerdem die Frage, ob dein Schiff zum Sinken gebracht werden kann, wenn es mit Öl beladen wird. Begründe deine Antwort

Wohin mit dem Versuchsbericht?

Ihr könnt allein, zu zweit oder zu dritt arbeiten und über eure Lehrerin oder euren Lehrer den Versuchsbericht mit der Behördenpost unter dem Stichwort „NATEX“ senden an: Landesinstitut für Lehrerbildung und Schulentwicklung Hamburg, z. Hd. Rainer Wagner, LZ 745/5026 oder per Post an Landesinstitut für Lehrerbildung und Schulentwicklung Hamburg, z. Hd. Rainer Wagner, Felix-Dahn-Str. 3, 20357 Hamburg senden. Einsendeschluss ist der 30. November 2005.
Leider können wir eure Versuchsberichte nicht zurückschicken. Der Rechtsweg ist ausgeschlossen.
Es gibt Urkunden und Preise. Zusätzlich werden die besten Schülerinnen und Schüler, die an zwei Runden erfolgreich teilgenommen haben, im Rahmen des Wettbewerbfestes im Dezember 2006 geehrt.
Am 15. Februar 2006 folgen die Aufgaben der zweiten Runde.

www.natex-hamburg.de

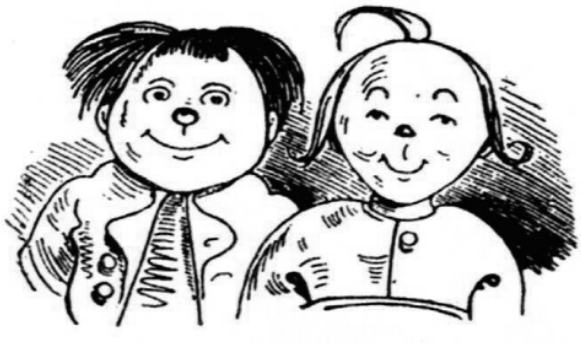
Naturwissenschaftliches Experimentieren

NATEX

Experimentalwettbewerb der Klassen 4 – 10 in Hamburg

Aufgabe 2-2005/2006

Zucker und Salz-
Zwillinge?



Zucker und Salz sind zwei Stoffe, die uns praktisch täglich in den verschiedensten Situationen begegnen. Wer sie einmal näher betrachtet hat – vielleicht sogar mit der Lupe – wird festgestellt haben, wie ähnlich die beiden aussehen. Daher bewahren wir Zucker und Salz normalerweise in verschiedenen Gefäßen auf, so dass wir sie nicht verwechseln können. Aber was tun, wenn wir sie ohne Verpackung vorfinden? Na klar – ihr kommt sofort darauf, sie zu probieren. Aber ist denn der Geschmack der einzige Unterschied der beiden Stoffe?
Wir haben ein paar Anregungen für euch, um das mal näher zu untersuchen...

Die Experimente:

Untersucht haushaltsübliches Kochsalz und Zucker

z.B. → mit einem Thermometer in einer Mischung mit zerstoßenem Eis
→ beim Erhitzen
→ beim Lösen in Wasser
→ beim Stehen lassen an der Luft
→ lasst euch selbst etwas einfallen!

Euer Versuchsbericht:

Beschreibt die Durchführung eurer Versuche und fertigt Zeichnungen von den Aufbauten an oder fotografiert sie. Schreibt uns eure Versuchsergebnisse auf! Wenn ihr bei euren Versuchen Messergebnisse erhaltet, könnt ihr sie grafisch auswerten.
Bewertet, wie gut eure Versuche zur Unterscheidung von Zucker und Salz geeignet sind.
Schülerinnen und Schüler der Klassen 4 bis 7 haben damit die Aufgabe erfüllt.

Zusätzlich für Klasse 8-10:

Vergleicht das Verhalten von Salz- bzw. Zuckerlösungen gegenüber elektrischem Strom.
Im einfachsten Fall könnt ihr dazu eine Batterie (4,5 oder 9V), eine Glühlampe, Kupferdraht und zwei Bleistiftminen als Elektroden nehmen. Dazu reicht es, die Bleistifte oben und unten anzuspitzen.

Arbeitet auf keinen Fall mit höheren Spannungen als 12 V!

Die Arbeit mit Strom aus der Steckdose ist lebensgefährlich und daher verboten!

Wer kann, darf gern ein Messgerät benutzen und seine Messergebnisse dann grafisch darstellen.
Interpretieren sollt ihr aber auch die Ergebnisse der einfacheren Versionen.

Wohin mit dem Versuchsbericht?

Ihr könnt allein, zu zweit oder zu dritt arbeiten und über eure Lehrerin oder euren Lehrer den Versuchsbericht mit der Behördenpost unter dem Stichwort „NATEX" an: Landesinstitut für Lehrerbildung und Schulentwicklung Hamburg, z. Hd. Rainer Wagner, LZ 745/5026 oder per Post an Landesinstitut für Lehrerbildung und Schulentwicklung Hamburg, z. Hd. Rainer Wagner, Felix-Dahn-Str. 3, 20357 Hamburg senden. Einsendeschluss ist der 30.04.2006. Leider können wir eure Versuchsberichte nicht zurückschicken. Der Rechtsweg ist ausgeschlossen. Es gibt Urkunden und Preise. Zusätzlich werden die besten Schülerinnen und Schüler, die an zwei Runden erfolgreich teilgenommen haben, im Rahmen des Wettbewerbfestes im Dezember 2007 geehrt.
Am 15. September 2006 folgen die Aufgaben der nächsten Runde.

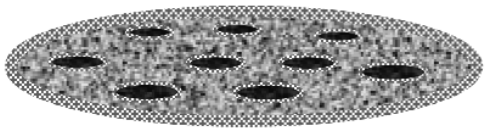
www.natex-hamburg.de

Naturwissenschaftliches Experimentieren

NATEX

Experimentalwettbewerb der Klassen 4 – 10 in Hamburg Aufgabe 1-2006/2007

Lockere Pizza- kriegst du das gebacken?



Es ist Donnerstag. Pizza-Tag in der Schulkantine! Ihr steht in einer langen Schlange und ein verführerischer Duft steigt in eure Nase. Endlich ist es soweit: ihr beißt in eine knusprige, lockere Pizza mit Tomaten, Pilzen und Käse. Als echte Forscher fragt ihr euch natürlich: Wie kommt es eigentlich, dass der Teig so schön luftig-locker ist?
Wir haben ein paar Vorschläge für euch, das zu untersuchen:

Die Experimente:

1. Stellt aus jeweils 250 g Mehl, etwas Salz und Wasser zwei Pizzateige her. Gebt zu dem einen ein halbes Paket Backpulver, zu dem anderen ein halbes Paket Trockenhefe. Lasst beide eine Stunde warm stehen, bis ihr sie bei 180 °C nebeneinander auf dem gleichen Blech backt. Vergleicht die Ergebnisse.
2. Löst zwei Esslöffel Traubenzucker in 100 ml warmem Wasser und gebt dies mit einem Päckchen Trockenhefe in eine Flasche, die ihr mit einem Luftballon verschließt. Macht das gleiche Experiment mit Backpulver statt Hefe. Wiederholt dann beide Experimente noch einmal mit dem Saft einer halben Zitrone als Zusatz. Untersucht die entstehenden Gase.
3. Entwickelt Versuchsreihen, die zeigen, bei welcher Temperatur und bei welcher Menge an Traubenzucker die Hefe am besten arbeitet. Orientiert euch zum Beispiel am zweiten Experiment.
4. Für Bastler: stellt mit Backpulver und Spülmittel einen Feuerlöscher her.

Dein Versuchsbericht:

Beschreibt den Aufbau und die Durchführung der Experimente, die ihr gemacht habt! Beschreibt eure Beobachtungen und Ergebnisse und ergänzt sie durch Fotos und Zeichnungen!
Schülerinnen und Schüler der Klassen 4 bis 6 haben damit die Aufgabe erfüllt. Sie dürfen aber auch gerne mehr machen.

Zusätzlich für Klasse 7-10:

Verfolgt die Aktivität der Hefe in Glucoselösungen mit Hilfe von Glucoseteststäbchen aus der Apotheke. Stellt eure Ergebnisse in Diagrammen dar.

Zusätzlich für Klasse 9/10:

Informiert euch über Hefe und Backpulver und stellt Reaktionsgleichungen für alle Reaktionen auf.

Wohin mit dem Versuchsbericht?

Ihr könnt über eure Lehrerin oder euren Lehrer den Versuchsbericht mit der Behördenpost unter dem Stichwort „NATEX“ senden an: Landesinstitut für Lehrerbildung und Schulentwicklung Hamburg, z. Hd. Rainer Wagner, LZ 745/5026 oder per Post an Landesinstitut für Lehrerbildung und Schulentwicklung Hamburg, z. Hd. Rainer Wagner, Felix-Dahn-Str. 3, 20357 Hamburg. Einsendeschluss ist der 30. November 2006.
Leider können wir eure Versuchsberichte nicht zurückschicken. Der Rechtsweg ist ausgeschlossen.
Am 15. Februar gibt es die zweite Aufgabe für das Schuljahr 2006/2007.
Es gibt Urkunden und Preise. Zusätzlich werden die besten Schülerinnen und Schüler, die an zwei Runden erfolgreich teilgenommen haben, im Rathaus geehrt.

5. Literaturverzeichnis

[1] Bildungsstandards im Fach Biologie für den Mittleren Schulabschluss (Jahrgangsstufe 10)
• Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 16.2.2004
http://www.kmk.org/schul/Bildungsstandards/Biologie_MSA-_16-12-04.pdf
Bildungsstandards im Fach Chemie für den Mittleren Schulabschluss (Jahrgangsstufe 10)
• Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 16.12.2004
http://www.kmk.org/schul/Bildungsstandards/Chemie_MSA_16-12-04.pdf
Bildungsstandards im Fach Physik für den Mittleren Schulabschluss (Jahrgangsstufe 10)
• Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 16.12.04
http://www.kmk.org/schul/Bildungsstandards/Physik_MSA_16-12-04.pdf
Druckversionen: Luchterhand – Wolter Kluwer Deutschland, GmbH, München, Neuwied, 2005

[2] Duit, R.; Gropengießer, H.; Stäudel, L.: Naturwissenschaftliches Arbeiten. Friedrich-Verlag, Seelze 2004

[3] Fach, M.; Kandt, W.; Parchmann, I.: Offene Lernaufgaben im Chemieunterricht: Kriterien für die Gestaltung und Einbettung. MNU 59/5 (2006), 284-291

[4] Hammann,M.: Kompetenzentwicklungsmodelle: Merkmale und ihre Bedeutung – dargestellt anhand von Kompetenzen beim Experimentieren. MNU 57/4 (2004), 196-203

[5] Demuth, R., Rieck, K., Elfer, D.: Kompetenzerwerb im naturwissenschaftlichen Anfangsunterricht, PdN-ChiS 4/54, 13

[6] Fischer, W., Zeilhofer, W.: Neue Aufgabenkultur, PdN-ChiS 5/55, 37

[7] Hammann, M., Phan, T.T.H., Ehmer, U., Bayrhuber, H.: Fehlerfrei Experimentieren, MNU 59/5 (2006), 292-299

[8] PISA macht Schule – Hessisches Kultusministerium, Institut für Qualitäts-Entwicklung, Wiesbaden 2006

[9] Kompetenzen entwickeln – Naturwissenschaften im Unterricht Chemie, 94/95 (2006)

[10] Leisen, J.: Aufgabenkultur im mathematisch naturwissenschaftlichen Unterricht, MNU (2006, im Druck)

[11] Aufgaben und Kompetenzen, PdN-ChiS 8/55 (im Druck)