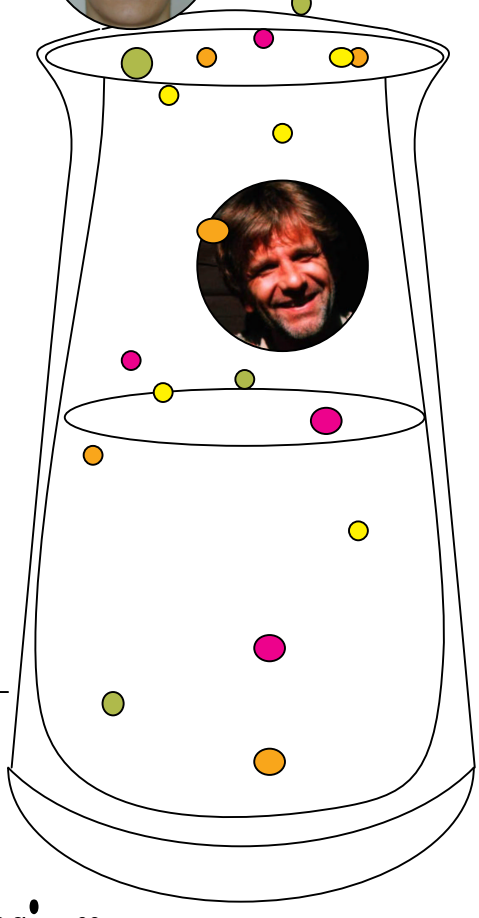
Was braust denn da ?

Ein Projekt rund um das Brausepulver



Durchgeführt im
CHEMIE-GRUNDKURS
der Stufe 12

Otto - Hahn - Gymnasium in Göttingen

Was braust denn da?

Ein Projekt rund um das Brausepulver

Durchgeführt im Chemie–Grundkurs der Stufe 12 am Otto–Hahn–Gymnasium in Göttingen.

Inhalt

1 Einleitung....2
1.1 Die Projektwerbung....2
1.2 Unser Chemiekurs....3

2 Das Geheimnis der Ahoj–Brause....5

3 Die Planung....7

4 Die Chemie muss stimmen....8

5 Die experimentelle Phase I....10
5.1 Die Apparatur....10
5.2 Ein wasserscheues Paar....12
5.3 Wir entschärfen das Brausepulver....14
5.4 Die Ergebnisse....15

6 Die experimentelle Phase II....16
6.1 Versuche zur Farbstofftrennung....16
6.2 Wir versilbern mit Brausepulver....17
6.3 Die Eisbombe....18
6.4 Der Ameisenschreck....19
6.5 Eigene Brause–Kreationen....20

7 Resümee....21

8 Anhang....23
8.1 Tabellarische Ergebnisübersicht....23
8.2 Titrationskurve zur Titration der restlichen Weinsäure....24
8.3 Literatur....25

1 Einleitung

1.1 Die Projektwerbung

„Wäre das auch etwas für uns?“ So frage ich – schon werbend – gegen Ende des 1. Semesters meinen CHEMIE–Grundkurs, als ich ihnen den vom Verband der Chemischen Industrie ausgeschriebenen Schülerwettbewerb zum Thema „Lebensmittelzutaten“ vorstelle und mit der Aussicht auf Preise schmackhaft mache.

Torsten und Michael sind schon im Geiste bei der Preisverteilung.

Der Überraschungscoup mit einem Tütchen der Ahoj–Brause gelingt. Dieses brausende „Lebensmittel“ in den kleinen roten, gelben, grünen oder orangefarbigen Papiertüten mit dem seit Jahrzehnten unverändert fröhlich grüßenden Matrosen ist fast allen Schülern bekannt.

In den 50er Jahren, so erzähle ich ihnen, leistete ich mir von meinem bescheidenen Taschengeld häufig diese 10 Pf–Brause. Mein Favorit damals war die grüne Waldmeistermischung, die, kaum erstanden, meist schon ungeduldig aus der hohlen Hand aufgeleckt wurde, wobei es in der Hand und auf der Zunge so schön doppelt kribbelte.

„Wieso“, so fragt man sich, „eignet sich das Brausepulver für ein derartiges Projekt?“
Die Antwort besteht paradoxerweise aus zwei weiteren, aber detaillierteren Fragen, die auch für Schüler der gymnasialen Oberstufe spannend sein können, nämlich erstens:

WAS BRAUST DENN DA EIGENTLICH?

Das heißt, wir müssen die miteinander reagierenden Komponenten erfassen und das dazugehörige Reaktionsschema entwickeln können.

Und zweitens:

WELCHE ROLLE SPIELT DABEI DAS WASSER?

Denn es ist ja augenscheinlich das Wasser, das die Mischung erst „zum Leben erweckt“.

In diesem Sinne passt das Projekt „Brausepulver“ mit den dazu passenden Experimenten recht gut zu den Themenkomplexen der **Säure–Base–Reaktionen** und der **Quantitativen Chemischen Analytik**.

Unsere Aufgabe wird nicht darin bestehen, herauszufinden, **was darin ist** (das ist bei einem Lebensmittel ohnehin deklariert, zumindest sollte es so sein!), sondern wir werden versuchen, die **Mengen der Hauptkomponenten – nämlich Natron, Weinsäure und Zucker –** und somit das Mischungsverhältnis der Bestandteile im Brausepulver möglichst exakt

herauszufinden.

Darüber hinaus wird sich der eine oder andere interessante Versuch zusätzlich ergeben.

Nach der gemeinsamen Planungsarbeit, an der sich alle Kursteilnehmer beteiligen sollen, werden sich die Kleingruppen (3–4 Sch.) für die parallel durchzuführenden Experimente als günstig erweisen, um die Vergleichbarkeit der Versuche und ihrer Ergebnisse zu gewährleisten.

Die Literaturarbeit und die Recherche z. B. im Internet zählt zu den Aufgaben der Oberstufe und wird auch hier unverzichtbar sein.

Die Aktivitäten der Schüler werden nach meinen Erfahrungen mit Facharbeiten u. Ä. häufiger angemahnt werden müssen, ebenso wie das selbstständige Arbeiten der Gruppen in der Dokumentationsphase (Ermüdungseffekt). Meine Rolle als Chemielehrer wird darin bestehen, als Berater, als Ansprechpartner, als Fotograf und als Lektor bereit zu stehen.

1.2 Unser Chemiekurs

Herr Dr. Jentsch

Der sportlichste Lehrer der Schule; trinkt gerne Rotwein und verachtet auch ein Flens nicht; hat in seiner Kindheit schon gern mit Chemikalien und auch elektronisch experimentiert.

Daniel

Immer hilfsbereit und äußerst reich an Geistesblitzen und genialen Ideen; wäre

die härteste Konkurrenz für Einstein, würde er zur selben Zeit leben. Sein Motto: In der Stille liegt die Kraft.

Torsten

Nett und immer fleißig (außer in der Schule); arbeitet bei Joey´s, mag Bier und Fußball.

Michael

Charmanter und intelligenter Schönling; bekannt nicht nur für seine mathematischen Leistungen, sondern auch für seine Fähigkeiten, sich selbst zu präsentieren.

Phillip

Sehr nett und hilfsbereit; aber wer versucht, gegen ihn Fußball zu spielen, ist selber schuld – als unangenehme Nebenwirkungen können Knochenbrüche sowie dauerhafte Depressionen auftreten.

Basti Pohl

Erpresst seine durch Hustenkrankheiten geplagten Freunde mit Fishermen's Friends, damit man ihn in einer Freistunde zum Zigarettenautomaten fährt; aber wenn man ihn braucht, kann man sich auf ihn verlassen.

Kai–Fabian

Spielt gerne Playstation II, verwöhnt seine Umwelt nicht gerade mit Pünktlichkeit; von Zeit zu Zeit lässt er den Unterricht auch mal ganz ausfallen, ist aber so nett, dass ihn sofort alle vermissen.

Marci

Besser bekannt als Romeo (nach der Theateraufführung des berühmten Shakespearestückes); Charakter eines lieben Kinderarztes; einzige Schwäche – stark ausgeprägtes Gefühl für sensationelle Unpünktlichkeit. Ist mit unserem Chemielehrer der Herausgeber eines chemischen Leitfadens für Schüler der Sekundarstufe I.

Ludmila

Bleibt der Chemie treu und färbt sich daher die Haare mit H_2O_2; neigt dazu, auf irgendeine Weise aufzufallen (verbal und/oder visuell); verzichtet nicht (auch wenn nur aus reiner Provokation) auf exotisches Fleisch wie das von Haien, Walen oder Pferden.

Sebastian

Auch Laki genannt (aus welchem Grund auch immer); ist öfter in Hannover zu finden; steht immer zu seiner Meinung und kämpft für Demokratie in unserem

Staat.

Martin

Zeichnet sich durch seine Ehrlichkeit aus; hat immer alle seine Bücher dabei, während seine Mitschüler den ganzen Schulkram gnadenlos zu Hause liegen lassen.

Kristina

Charmante nette junge Dame; hat immer Maoams dabei und lässt ihre Mitschüler nicht verhungern; geht gerne einkaufen und hat immer ein optimistisches Lächeln.

Marina

Ist immer still und bewahrt Ruhe sogar in schwierigen Situationen, sehr ausgeglichen.

Tim

War schon in allen Ecken dieser Welt – über Skandinavien nach Indien und so weiter; ist außerdem musikalisch begabt und hat einen Bruder, der genauso aussieht wie er.

Viola

Freundlichkeit hat tatsächlich einen Namen, und dabei handelt es sich nicht um die Bedienung im McDonalds; denn sie hat ein Lächeln, das von keinem Mädchen übertroffen werden kann.

Sonja

Zählt zu den begnadeten Künstlern unserer Schule. Sie hat als Kunst–LK–Schülerin unser Titelblatt gestaltet.

Nico

Ruhig und nett; versteht sich mit allen gut; und hat eine außergewöhnlich seltene Kombination von roten Haaren und dunkelbraunen Augen.

Thorgund

Fällt durch ihre ausgefallenen Frisuren auf; sie ist sehr sportlich und spielt Fußball besser als manch ein durchtrainierter Junge.

2 Das Geheimnis der Ahoj–Brause

„Die Sonne brennt, es ist ungewöhnlich heiß heute. Die letzten 2 Stunden haben wir hitzefrei gekriegt. Zu Hause mehr als durstig angekommen, erinnere

ich mich, als ich im Kühlschrank vergeblich nach einem kühlen Getränk suche, dass meine Mutter gestern ein großes Paket Ahoj–Brause vom Einkaufen mitgebracht hat. Nur wo sind sie jetzt? Ich sehe diese Tüten mit den vier verschiedenen Farben genau vor mir. Leide ich unter Halluzinationen? – Aber nein, dort bei den Süßigkeiten entdecke ich diese kleinen Tüten in den Geschmacksrichtungen Waldmeister, Himbeere, Orange und Zitrone, die mir sogleich ein richtiges Trinkerlebnis bescheren werden. Ein großes, leeres Glas nehmen, die grüne Tüte aufreißen – denn Waldmeister ist mein Favorit –, das Pulver reinschütten und kühles Leitungswasser dazu!

Kaum dass sich der dünne Wasserstrahl mit dem grünen Pulver trifft, da höre ich auch schon das vertraute Aufbrausen. Ein schönes Trinkerlebnis steht mir bevor!“

Wer hat Ähnliches nicht auch in seiner Kindheit erlebt? Und um ehrlich zu sein, wer hat nicht auch in späteren Jahren den Wunsch, sich wieder seine prickelnde Brause *selbst* zuzubereiten?

Allerdings hat man sich als Kind wohl kaum weiter Gedanken über das „Prickeln und Blubbern“ gemacht, sondern sich nur daran erfreut. Da wir nun einmal in einem Grundkurs der Chemie sind, wollen wir versuchen, hinter das Geheimnis der Ahoj–Brause zu kommen.

Um dieses Geheimnis zu lüften, haben wir zunächst einmal die bekannten Inhaltsstoffe dieses Brausepulvers angeschaut. Zucker, Süßstoff, Aromen oder Farbstoffe können – wie wir bereits zu wissen glauben – mit Wasser kein Aufbrausen verursachen. Für das Aufschäumen müssen wohl die Weinsäure und das Natriumhydrogencarbonat (in der Folge kurz mit Natron bezeichnet)

verantwortlich sein. Vergleichbare chemische Reaktionen gab es schon in unserem 1. Semester. Dennoch hatte nur Daniel einen seiner häufigen Geistesblitze, als er an der Tafel mit zwei Reaktionsgleichungen das Rätsel theoretisch löste. Wieder einmal mehr mussten wir die Genialität unseres Mitschülers neidlos anerkennen.

Da stand nun in zwei Zeilen das, was uns und unserem Doktor der Chemie seit unserer/seiner Kindheit soviel Freude bereitet. Jetzt war uns klar, dass erst das Wasser die Mischung zum Leben erweckt, wobei die Weinsäure unter dem Einfluss der polaren Wassermoleküle die sauren Oxoniumionen bildet, die dann mit dem Natron die flüchtige Kohlensäure freisetzt und das schöne Prickeln verursacht. Damit war zwar der erste Teil des brausenden Geheimnisses erklärt, aber wir wussten damit noch lange nicht, wie viel sich von den einzelnen Komponenten in der Pulvermischung verbergen. Das sollten erst unsere Experimente ans Tageslicht bringen.

3 Die Planung

In der ersten 2−stündigen Sitzung mit dem gesamten Kurs stecken wir den zeitlichen Rahmen des Projektes ab. Wir besprechen unser experimentelles Vorgehen und verteilen die Arbeiten auf die einzelnen Gruppen, sofern sie nicht im Kollektiv erledigt werden.

Insgesamt sind zunächst 6 Doppelstunden für die Experimente vorgesehen und für die Auswertungsphase inklusive der schriftlichen Zusammenfassung der Ergebnisse noch einmal 2 − 3 Doppelstunden. Einen ganzen Nachmittag werden wir für die Gestaltung und das Schreiben der endgültigen Fassung der Arbeit benötigen.

Um mit einer möglichst großen Zahl von Messergebnissen zu einem brauchbaren Mittelwert für die Massenanteile an Natron und Weinsäure zu kommen, vereinbaren wir, dass die 4 Gruppen (mit jeweils 3 bis 4 Schülern) zunächst in gleicher Front parallel arbeiten.

Mit Hilfe einer geeigneten Apparatur wollen wir aus dem Volumen des gasförmigen Produktes (also Kohlenstoffdioxid) den Massenanteil von Natron bestimmen. Die Säure−Base−Titration als exakte Konzentrationsbestimmung ist uns seit dem 1. Semester vertraut; sie soll bei der Bestimmung des Weinsäure−Anteils zur Anwendung kommen.

Eine Gruppe zeigt Interesse an den farbigen Lebensmittelfarbstoffen. Sie sollen versuchen, ob sich die Farbstoffe nach der Methode der Dünnschichtchromatographie (DC) werden trennen lassen. Dieses Verfahren ist bisher nicht allen Schülern bekannt und muss daher erst erarbeitet werden.

Andere wollen in der Fachliteratur stöbern und zusätzlich zum Beispiel die spezifischen Eigenschaften der Weinsäure aus der Brauserpulvermischung

direkt bestätigen.

Und schließlich soll - nachdem das Geheimnis der Rezeptur gelüftet sein wird - eine eigene Kreation mit neuer Geschmacksrichtung gemischt und getestet werden.

Ob sich darüber hinaus das Lebensmittel Brausepulver auch anderweitig sinnvoll verwenden lässt, werden weitere Untersuchungen zeigen.

4 Die Chemie muss stimmen

Das trockene Brausepulver „schlummert“ friedlich in seinem Papiertütchen, und obwohl sich die eigentlichen Reaktionspartner aneinander reiben, kommt es nicht zu einer Reaktion.

Erst die Zugabe von Wasser „erweckt“ offenbar die Mischung zum Leben. Es braust und schäumt. Ein Gas entweicht, welches Kalkwasser trübt oder eine brennende Kerze in einem Becherglas auslöscht (**Abb. 1**). Goethe spricht in „Die Wahlverwandtschaften“ anschaulich von der „Luftigen Säure“, und in der Tat handelt es sich auch hier um die flüchtige Kohlensäure, die bei der Vereinigung einer stärkeren Säure mit dem Salz der Kohlensäure frei wird.

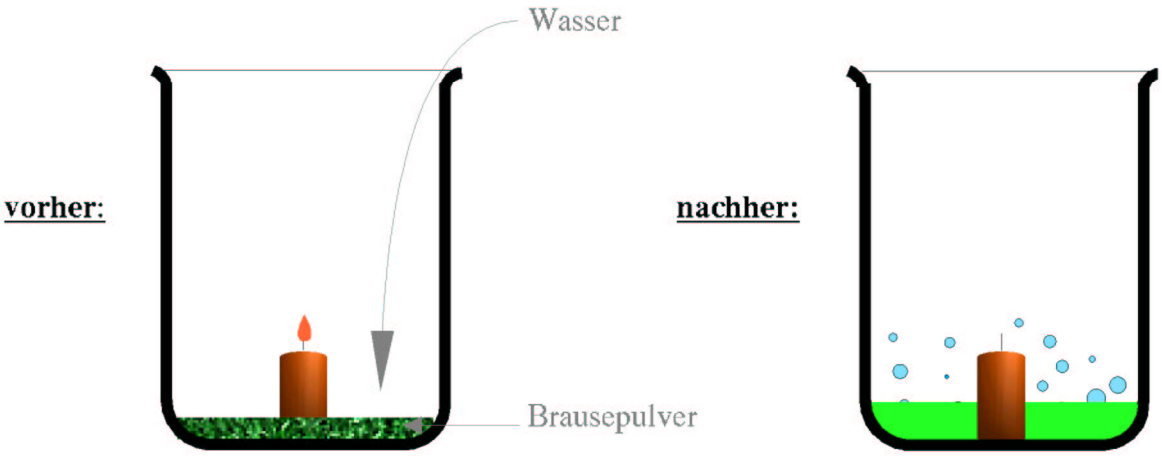
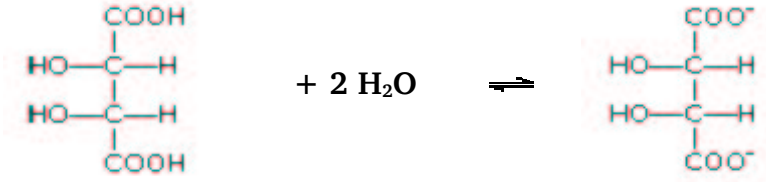


Abb.1

Erst die Kräfte der stark polaren Wassermoleküle initiieren die Dissoziation der Weinsäure, sodass hydratisierte Hydrogentartrat- bzw. Tartratanionen und Oxoniumionen entstehen können **(1)**. Letztere greifen die Hydrogencarbonat-Anionen an, wobei sich zunächst die schwache Kohlensäure bildet, die rasch - vor allem in überschüssiger Weinsäure - weiter zu Kohlendioxid und Wasser

zerfällt **(2)**.

(1) 

(Weinsäure) **(Tartratanion)** **(Oxoniumionen)**

(2) $2\ H_3O^{\oplus} + 2\ HCO_3^{\ominus} \rightleftharpoons 2\ H_2CO_3 \rightleftharpoons 2\ CO_2 + 2\ H_2O$

(Hydrogencarbonation) **Kohlensäure**

Die Natriumionen spielen hierbei keine Rolle; sie bilden lediglich mit den Tartratanionen das Salz der Weinsäure (Dinatriumtartrat).

Aus **(2)** lässt sich entnehmen, dass die Anzahl n der Kohlendioxid–Moleküle gleich der Anzahl n der Hydrogencarbonationen ist.

Also gilt **(3)** $n_{CO_2} = n_{HCO_3^{\ominus}}$ und ebenso $n_{CO_2} = n_{Natron}$.

Das heißt also, dass wir aus dem gemessenen Volumen V des freigesetzten Kohlendioxids unter Berücksichtigung von Druck p und Temperatur T nach dem Gasgesetz **(4)** die Teilchenzahl n von Natron und daraus unschwer die tatsächlich vorhandene Masse an Natron bestimmen können **(5)**.

(4) $n \cdot R \cdot T = p \cdot V$

n – Teilchenzahl in mol

R – Gaskonstante ($83{,}144 \frac{hPa \cdot L}{K \cdot mol}$)

T – Temperatur in Kelvin

p – Druck in hPa

V – Volumen in L

(5) $m = n \cdot M$

m – Masse in g

M – molare Masse in g/mol

Die beiden Teilreaktionen **(1)** und **(2)** lassen sich zu der Bruttoreaktion **(6)** zusammenfassen:

(6) **Weinsäure** $+ 2\ NaHCO_3 \xrightarrow{aq}$ **Na_2Tartrat** $+ 2\ CO_2 + 2\ H_2O$

Ein Mol wässerige Weinsäure setzt demnach als 2−protonige organische Säure aus zwei Mol Natron genau zwei Mol Kohlenstoffdioxid frei. Da die Brausepulvermischung deutlich mehr Weinsäure als Natron enthält (Saurer Geschmack! Der pH−Wert liegt bei ca. 3), wird aus der wässerigen Lösung mit der Zeit die Kohlensäure gänzlich entweichen. Bei der Titration der überschüssigen Weinsäure mit Natronlauge empfiehlt es sich aber zusätzlich, die Kohlensäure durch Erwärmen restlos zu vertreiben.

Als Basis für die Rechnung gelten die gleichen Teilchenverhältnisse wie bei der Neutralisation der Weinsäure gegen Natron, nämlich:

(7) $n_{Natron} \;/\; n_{Weinsäure} = 2/1$ bzw.

(8) $n_{Natronlauge} \;/\; n_{Weinsäure} = 2/1$

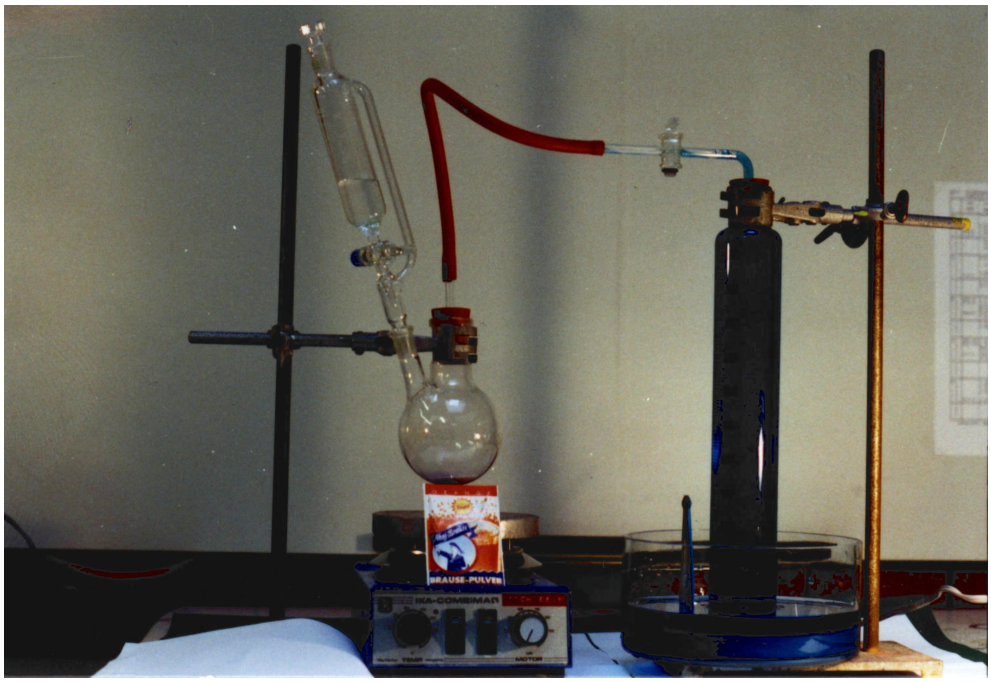
Erhält man beispielsweise nach der Zugabe von Wasser auf 5,000 g Brausepulver genau 224 mL Kohlenstoffdioxid (auf Normbedingungen reduziertes Gasvolumen), dann entspricht das 10 mmol Kohlenstoffdioxid sowie 10 mmol Natron und wegen **(7)** 5 mmol Weinsäure (das entspricht 750 mg).

Nun wird die entstandene Brause nicht getrunken, sondern wir müssen die überschüssige Weinsäure noch gegen Natronlauge (hier: c = 0.2 mol/L) titrieren, um den restlichen Massenanteil zu bestimmen. Wenn dann der Äquivalenzpunkt z. B. bei 30 mL Natronlauge erreicht wird, bedeutet das, dass 6 mmol Natronlauge genau 3 mmol Weinsäure neutralisiert haben. Aus den bekannten molaren Massen von Natron (84 g/mol) und Weinsäure (150 g/mol) lassen sich nun unschwer die tatsächlichen Massen bzw. Massenverhältnisse der Reaktanden errechnen. Bei unserem Beispiel also sind in 5 g Brausepulver − ungeachtet eventueller Ungenauigkeiten − 0,840 g Natron (16,8%) und 1,200 g Weinsäure (24%) enthalten.

5 Die experimentelle Phase I

5.1 Die Apparatur

Aus einem Tropftrichter mit Druckausgleich lassen wir ca. 50 mL Wasser, das wir aus optischen Gründen eingefärbt haben, zum trockenen, exakt ausgewogenen Brausepulver im Rundkolben tropfen (**Abb. 2**). Augenblicklich schäumt die Mischung auf, und das entstehende Kohlenstoffdioxid−Gas drückt die Wassersäule im Standzylinder der pneumatischen Wanne nach unten ins Vorratsgefäß. Als Absperrflüssigkeit für das Gasvolumen dient salzsaures, blau angefärbtes Wasser. Im Gegensatz zu neutralem Wasser absorbiert salzsaures Wasser so gut wie kein Kohlenstoffdioxid.



Durch Erwärmen des Rundkolbens treiben wir die letzten Reste des Kohlenstoffdioxids aus der Brause aus. Wir lesen nach einer Weile (Temperaturkonstanz!) das Volumen am graduierten Standzylinder ab und notieren die Raumtemperatur sowie den Luftdruck.

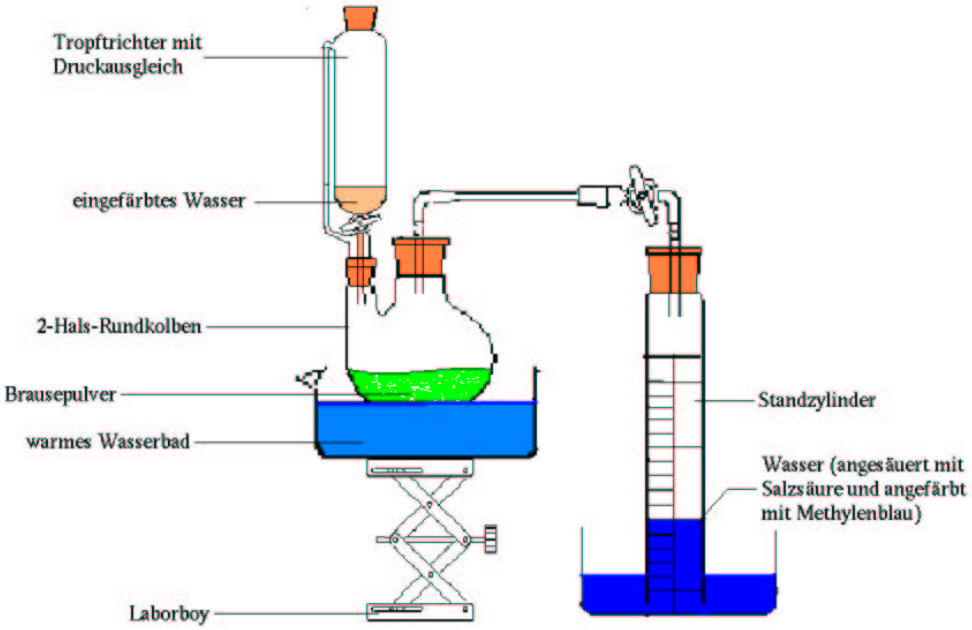


Abb. 2

Anstelle der volumetrischen Messung kann man auch gravimetrisch den CO_2–Gehalt bestimmen. Man installiert dann anstelle der pneumatischen Wanne ein

Absorptionsrohr, welches, mit Calziumoxid gefüllt, CO_2 absorbiert, dem ein Trockenrohr zum Trocknen des feuchten Gases vorgeschaltet werden muss. Durch Auswiegen des Absorptionsrohres kann man auch auf diese Weise den CO_2−Gehalt und damit die Natronmenge einer Brausepulver−Portion erhalten. Es muss allerdings hinzugefügt werden, dass die CO_2−Reste noch aus der Apparatur z. B. mit einer Stickstoff −Spülung durch das Absorptionsrohr gedrückt werden müssen, um sie gravimetrisch vollständig zu erfassen.

Daher erscheint uns die Gas−Messmethode die apparativ einfachere und wegen der zu erwartenden zusätzlichen Wägefehler auch die genauere Methode zu sein.

5.2 Ein wasserscheues Paar

Nachdem wir uns lange Gedanken über den zweckmäßigsten Versuchsaufbau gemacht haben, kann es nun endlich mit der Versuchsreihe losgehen.

Eine exakt auf der Analysenwaage abgewogene Brausepulverportion „wartet“ im Rundkolben auf das „erlösende“ Wasser, das wir aus dem Tropftrichter zugeben. Schon der erste Wassertropfen „erweckt“ das wasserscheue Paar aus seinem Schlaf. Augenblicklich reagiert das Weinsäure−Natron−Paar unter tüchtigem Aufschäumen, wobei uns auffällt, dass die Mischung sich leicht abkühlt.

Im Standzylinder wird das blau gefärbte Wasser vom Druck des entstehenden Kohlendioxids nach unten in die pneumatische Wanne gedrückt. Obwohl sich die äußeren Bedingungen (Druck und Temperatur) bei unseren zehnmal wiederholten Versuchen nicht wesentlich voneinander unterscheiden, schwanken die abgelesenen CO_2 − Volumina zwischen 190 und 275 mL. Auch wenn man die unterschiedlich schweren Brausepulverportionen berücksichtigt und die Gasvolumina entsprechend auf Normbedingungen reduziert, weichen die Massenanteile für den Natrongehalt immer noch um ca. 16% vom Mittelwert ab. Die jeweiligen Reduktionsfaktoren für feucht gemessene Gasvolumina entnehmen wir der im Anhang zu findenden Tabelle in Arndt−Dörmer, Technik der Experimentalchemie.

Im übrigen verfahren wir so, wie in **5.1.** beschrieben.

Bei der nach Wasserzugabe ablaufenden Reaktion zwischen Natron und Weinsäure wird nur ein Teil der organischen Säure neutralisiert (Säureüberschuss, für den sauren Geschmack!). Wir öffnen also die Apparatur, um in der Brause im Rundkolben den überschüssigen Weinsäureanteil durch Titration zu bestimmen. Aus einer Bürette lassen wir in 1 mL Schritten Natronlauge der Konzentration (c = 0,2 mol / L) zutropfen, wobei wir die dazugehörigen pH−Werte notieren, die wir mit einem pH−Meter messen. Aus diesen Werten zeichnen wir eine Titrationskurve. Bei Nr. 4 der laufenden Versuche kann man aus der beigefügten Titrationskurve (**S. 24**) den

Äquivalenzpunkt bei 31,0 mL Natronlauge ablesen. Bemerkenswert ist bei der **gelben** Ahoj–Brause (Zitrone), dass exakt beim Äquivalenzpunkt die Eigenfarbe der Brause von Gelb nach Sherryrot umschlägt. Interessanterweise enthält also diese Brause ihren eigenen brauchbaren Säure–Base–Indikator.

Bis auf einen sind alle unsere Versuche erfolgreich, sodass wir bei neun Versuchen die Natronwerte und bei vier Titrationen den Säurewerte bestimmen können.

Alle Werte tragen wir in eine Tabelle ein, und eine andere Gruppe darf sich mit der Auswertung beschäftigen.

5.3 Wir entschärfen das Brausepulver

Offenbar reagiert das Brausepulver nur in Gegenwart von Wasser aufbrausend.

Könnten wir dem Pulver eine der Kontrahenten (Natron oder Weinsäure) entziehen, wäre das Pulver sozusagen „entschärft“. Es sollte sich ein organisches Lösemittel für die organische Säure anbieten, das weder Zucker noch Natron auflöst, wofür Ethanol geeignet ist.

Allerdings muss das Lösemittel vollkommen wasserfrei sein, um die bekannte Reaktion nicht auszulösen. Unser Ethanol ist 96%ig, enthält also noch 4% Wasser. Mit Hilfe von Natrium, das wir stückchenweise durch eine Knoblauchpresse in Form länglicher Würstchen in den Alkohol drücken, reagiert das Wasser vorrangig (Natriumethylat entsteht ebenfalls). Eine Destillation schließt sich an, sodass uns nun absolutes Ethanol zur Verfügung steht. Mit ca. 100 mL Ethanol versuchen wir die Weinsäure aus einer

eingewogenen Brausepulver–Portion vollständig bei etwa 40°C zu lösen. Dann filtrieren wir von den ungelösten Begleitstoffen ab. Die Farb– und Geschmacksstoffe lösen sich dabei ebenfalls und finden sich deshalb auch im Filtrat.

Wir dunsten das Filtrat ein, wobei sich die entsprechend farbigen und leicht duftenden Weinsäurekristalle bilden. Der Rückstand im Filter wird im Exsiccator getrocknet und ebenso wie die isolierte Weinsäure gewogen. Die Anteile für die Weinsäure liegen bei dieser Methode unter den in 5.2 erhaltenen. Es ist anzunehmen, dass nicht die gesamte Masse der Weinsäure herausgelöst wird. Und es zeigt sich, dass der vermeintlich säurefreie Filterrückstand bei Wasserzugabe doch noch etwas gast. Aus Zeitmangel verfolgen wir diesen methodischen Weg allerdings nicht weiter.

5.4 Die Ergebnisse

Zunächst stellten wir bei unseren Versuchen mit Erstaunen fest, dass die Brausepulvertütchen nur **annähernd** gleiche Pulvermengen enthalten. So schwanken die Massen recht beachtlich um ca. 0,9 Gramm, nämlich zwischen 5,262 und 6,158 Gramm. Wir vermuten, dass hier von Seiten des Herstellers nicht Nachlässigkeit die Ursache ist, sondern dass der Aufwand, ganz exakt den Inhalt abzuwiegen, für dieses Cent–Produkt denn doch zu groß ist. Im übrigen zeigen auch die eigenen Mischungen keine nennenswerten geschmacklichen Unterschiede, wenn die Mischungen etwas abweichen.

Die Messwerte als Ergebnis unserer Versuchsreihen sind in der Tabelle auf S. 23 detailliert aufgeführt.

Der durchschnittliche **Natrongehalt** einer Portion Brausepulver beträgt nach unseren Messungen 0,79 Gramm, welches einem Massenanteil von **13,9%** entspricht.

Die Gesamtmasse an **Weinsäure**, die wir in zwei Schritten – nämlich indirekt aus dem Gasvolumen und indirekt durch Titration des Säureüberschusses ermittelt haben – beläuft sich im Mittel auf 1,21 Gramm, welches einem Massenanteil von **21,7%** entspricht.

Die Abweichungen innerhalb einer Messreihe erklären wir uns mit Temperatur– und Druckschwankungen während der Versuchsdauer, ferner mit Ableseungenauigkeiten, mit Wägefehlern und eventuellen Gasresten in der Reaktionsmischung, die in der Summe abgeschätzt maximal 2% ausmachen könnten.

Den Hauptanteil im Brausepulver nimmt demnach **Zucker bzw. Süßstoff** mit ca. **64%** ein. Den Rest machen die Geschmacksstoffe und die Lebensmittelfarbstoffe aus.

6 Die experimentelle Phase II

6.1 Versuche zur Farbstofftrennung

Wir, die Vertreter der 2. Gruppe, interessieren uns für die Lebensmittelfarbstoffe der Brausemischung, wie sie auf den orangefarbigen Tütchen ausgewiesen sind. Und zwar geht es uns um die Trennung der vier verschiedenen Farbstoffe, bei denen es sich um gelbe und orange Farben (E 160 a und E 160 e), sowie um einen roten Farbstoff (E 163) aus der Gruppe der Anthocyane und viertens um einen grünen Kupfer–Chlorophyll–Komplex (E 141) handelt.

Wie wollen eine – für uns noch neue Arbeitstechnik – die Chromatographie anwenden.

Zunächst vermischen wir die vier verschiedenfarbigen Brausepulversorten und lösen die Farbstoffe mit heißem Methanol heraus (Abzug!). Wir filtrieren von den ungelöst gebliebenen Feststoffen (Natron und Zucker) ab, während im Filtrat das Farbstoffgemisch und die Weinsäure zurückbleiben. Wir könnten auch einen wässrigen Auszug der Brausepulvermischungen verwenden, wobei dann jedoch der Zucker bei der anschließenden Chromatographie stören soll (Schwedt, Farbstoffen analytisch auf der Spur, Aulis Verlag).

Das Filtrat wird eingeengt, und mit einer dünn ausgezogenen Pipette tupfen wir vom Farbstoffkonzentrat einen Punkt in die Mitte eines Rundfilters. Ein 3 mm breiter Streifen wird bis zur Mitte in das Papier geschnitten und so gekürzt und abgeknickt, dass dieser Teil in eine mit Laufmittelgemisch gefüllte untergestellte Petrischale eintaucht. Das Rundfilter deckt dabei flach

aufliegend die Petrischale ab.

Eine weitere Petrischale wird über diese Anordnung gestülpt.

In zwei identischen, nebeneinander aufgestellten Kammern dieser Art versuchen wir, die Farbstoffe mit verschiedenen Laufmittelgemischen radial aufzutrennen.

Laufmittelgemisch I: Ethanol/Wasser im Verhältnis 1 : 1

Laufmittelgemisch II: Ethanol/Wasser/10%iges Ammoniak im Verhältnis 3 : 2 : 1

Große Unterschiede können wir in beiden Varianten nicht erkennen. Eine Farbtrennung war nur zwischen Grün und Rot zu erkennen. Der grüne Farbstoff bleibt weitgehend im Zentrum zurück, während sich der rote ringförmig vom Zentrum entfernt.

Bessere Ergebnisse liefert die Dünnschicht−Chromatographie (DC) mit kieselgelbeschichteten Alufolien (Schichtdicke 0,2 mm). Als Laufmittel eignet sich folgende Mischung: Essigester/Butanol/Wasser/Essigsäure im Verhältnis 1 : 1 : 5 : 1

Einige Tröpfchen des Farbstoffkonzentrats werden in kurzen Zeitabständen immer wieder auf die gleiche Stelle 1,5 cm vom unteren Rand der DC−Platte entfernt aufgetragen, dann in eine mit dem Laufmittelgemisch ca. 1 cm hoch gefüllte Kammer gestellt und diese mit einer Glasplatte verschlossen.

Hier sind nach etwa 30 Minuten alle Farbstufen hinreichend voneinander getrennt zu erkennen, wobei Grün weit unten bleibt und Orange am höchsten mit dem Laufmittel wandert, gefolgt von Gelb und Rot.

6.2 Wir versilbern mit Brausepulver

Versilbern? Aus der elften Klasse ist uns die Silberspiegelprobe als Nachweisreaktion für Aldehyde bekannt. Befinden sich denn im Brausepulver Aldehyde? Da es sich bei dem vorhandenen Zucker nicht um Glukose handelt und in dem basischen Umfeld, das wir gleich erzeugen, Zucker nicht gespalten wird, finden wir keine Aldehyde. Und wieso funktioniert dann die Silberspiegelprobe? „Die Technik der organischen Trennanalyse“ von Hartmut Laatsch liefert die Erklärung, dass „in einigen Fällen auch Hydroxycarbonsäuren positiv reagieren.“ Also führt hier die Weinsäure zum Silberspiegel.

Um diesen schönen Silberspiegel zu erzeugen, ist zuerst ein völlig fettfreies Reagenzglas erforderlich. Dazu kochen wir es mit konzentrierter Salpetersäure aus (wobei man die Schutzbrillen nicht vergessen sollte!) und waschen es anschließend mit Wasser wieder aus. Das oben erwähnte Buch liefert außerdem den Hinweis, dass ein Film von Zinn(II)−hydroxid auf dem Reagenzglas die Entstehung des Silberspiegels fördert, weshalb es mit fünfprozentiger Zinn(II)−chlorid−Lösung in konzentrierter Salzsäure und anschließend mit viel destilliertem Wasser gespült wird.

In das so präparierte Reagenzglas wird etwas fünfprozentige Silbernitratlösung gegeben. Es bildet sich ein Niederschlag, der durch die Zugabe von Ammoniak wieder aufgelöst wird, wobei ein Silber−Amin−Komplex entsteht. Anschließend wird etwas Natronlauge zugegeben, es entsteht erneut ein Niederschlag, der ebenfalls mit Ammoniak gelöst wird.

In dieser Reaktion werden durch die Hydroxidionen die Silberkationen aus dem Silber−Amin−Komplex zu elementarem Silber reduziert und gleichzeitig die Weinsäure oxidiert. Zu welchem Stoff allerdings die Weinsäure oxidiert wird, haben wir trotz Literaturstudium nicht herausgefunden.

6.3 Die Eisbombe

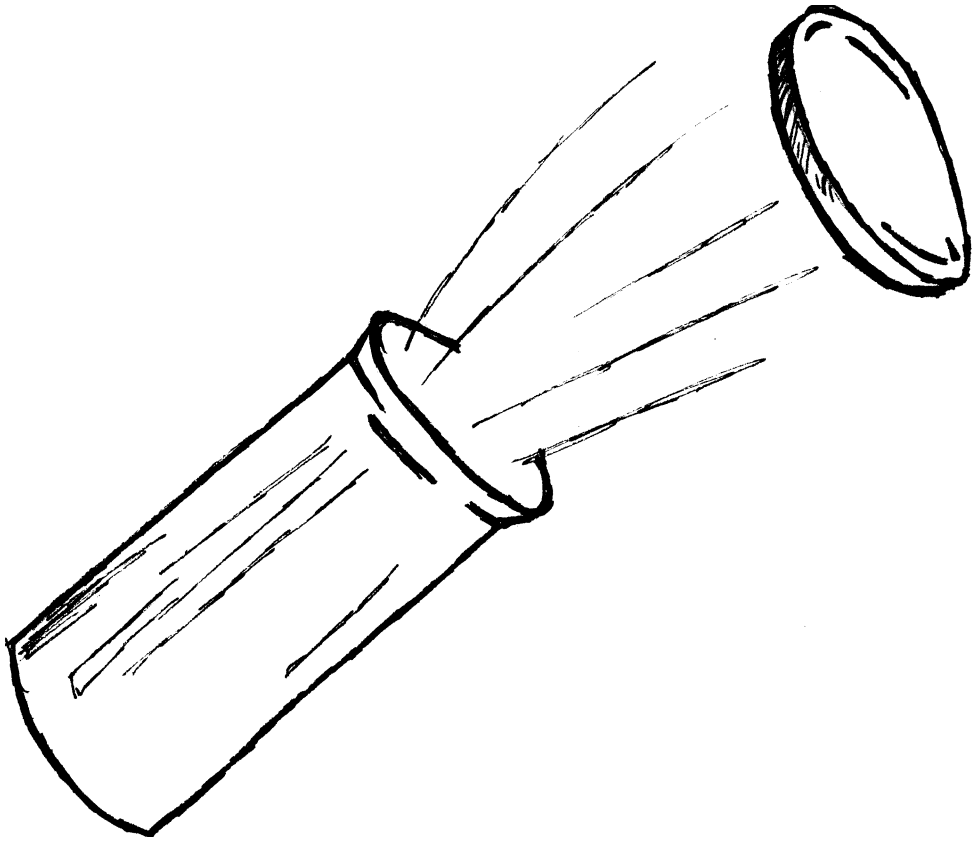
Eine weitere faszinierende Folge der Reaktion von Ahoj−Brause mit Wasser kann die sogenannte „Eisbombe“ sein.

Um diese durchzuführen, braucht man einen Behälter, wie zum Beispiel eine Fotofilm−Dose, ein Tütchen Ahoj−Brause und einen Eiswürfel. Das Brausepulver wird in die Dose gefüllt, dazu kommt der trockene Eiswürfel.

Daraufhin verschließt man die Dose mit dem Deckel. Nun muss man einige Minuten warten, bis mit einem Knall der Deckel von der Dose springt.

Nach kurzer Zeit entsteht in dem kleinen Gefäß soviel Kohlenstoffdioxid, dass sich das Gas gewissermaßen „Platz schafft“, indem es den Deckel absprengt.

In einem sportlichen Wettbewerb kann man mit schräg aufgestellter Dose ein Weitschießen veranstalten.



6.4 Der Ameisenschreck

Dass Ameisen recht nützliche Tiere sind, können wir in Band 6 des von A. E. Brehm verfassten Illustrirtes Thierleben schon in der Erstausgabe von 1869 nachlesen. Als Haustiere sind sie uns weniger willkommen, haben sie doch eine Vorliebe für Süßes, aber auch für Fleisch, sodass sie als Seuchenüberträger gelten (Meyers Enzyklopädisches Lexikon, 1973).

Eigene Untersuchungen zeigen, dass Ameisenstraßen mit der Zielrichtung auf die Vorräte in der Küche wirkungsvoll unterbrochen werden können, wenn man ihnen Brausepulver in den Weg streut. Wohl zunächst angelockt vom Duft des Zuckers – bekanntlich melken sie Blattläuse wegen ihrer süßen Sekrete – verschmähen sie doch das Gemisch als Ganzes, weil sie wohl mit dem Natron schlechte Erfahrung machen. Ihr körpereigener Vorrat an Ameisensäure, mit

dem sie sich recht erfolgreich gegen Angreifer zu wehren wissen, wird ihnen beim Verzehr von Natron nicht gut bekommen. Wir haben zwar keines der Tierchen an eventueller innerlicher Kohlendioxid−Bildung verenden sehen, aber die Ameisenwanderung war jedenfalls gestoppt worden.

Die hoch organisierten Ameisen scheinen die drohende Gefahr möglicherweise am Tod einiger weniger Gefährten zu erkennen.

So ganz neu scheint unsere „Entdeckung“ aber nicht zu sein, denn in einem alten Hausbuch fand sich der Ratschlag, Backpulver (enthält hauptsächlich Natron) als ungiftiges Mittel gegen eine Ameisenplage einzusetzen.

6.5 Eigene Brause−Kreationen

Nun sind wir also davon überzeugt, das richtige Mischungsverhältnis der Ahoj−Brause zu kennen. Was spricht dagegen, eine eigene Brause mit neuer Geschmacksrichtung auszuprobieren? − Gedacht, getan! − Doch halt, uns fehlen die Aromastoffe! Wir könnten natürlich diverse flüssige Fruchtextrakte, wie sie im Handel zu bekommen sind, zumischen, wir wollen aber der *pulverigen* Mischung treu bleiben und wenden uns deshalb an einen Hersteller für Duft− und Aromastoffe. Freundlicherweise sind uns die Dragoco−Werke in Holzminden mit einer Kollektion behilflich.

Das Mischungsverhältnis für unsere Kompositionen entnehmen wir unseren Versuchsreihen. Für eine Portion von 6,2 Gramm wiegen wir jeweils 0,78 Gramm Natron (12,6%), 1,32 Gramm Weinsäure (21,6%), sowie 3,97 Gramm Rohrzucker (64%) ab. Als neue Geschmacksvariante geben wir jeweils bis zu 0,2 Gramm der pulverförmigen Aromen von Erdbeer, Pfirsich bzw. Ananas

hinzu. Das Abwiegen der Reinstoffe und das Zumischen von 8 Grad kaltem Mineralwasser (still) geschieht mit größter Sorgfalt und Sauberkeit. Wir probieren – obwohl das Essen und Trinken in den Chemieräumen untersagt ist – und ziehen ein saures Gesicht. Das Getränk ist zu sauer! – Nach einigem Grübeln kommen wir darauf, dass in der Originalbrause neben Zucker ja auch noch Süßstoff enthalten ist, der erheblich mehr Süßkraft entfaltet als gewöhnlicher Rohrzucker.

Wir mischen deshalb etwas verändert: 0,87 Gramm Natron (14%) + 1,12 Gramm Weinsäure (18%) + 4,01 Gramm Rohrzucker (64,8%) + 0,2 Gramm Aromastoff (3,2%). Und siehe da, diese Mischung schmeckt uns wirklich gut. Vor allem, wenn man kaltes, kohlensäurehaltiges Mineralwasser verwendet, sodass die Brause länger sprudelt und so mehr Frische vermittelt. Der Anblick unserer *farblosen* Brause ist allerdings etwas gewöhnungsbedürftig. Farbige Getränke lassen sich nach Wunsch jedoch mit den üblichen Lebensmittelfarbstoffen bereiten.

Übrigens stellten wir im Anschluss an unsere Versuchsserie fest, dass die Firma FRIGEO ohne unser Zutun inzwischen auch Brausepulver mit verschiedenen Cocktailmischungen anbietet.

7 Resümee

Unser Ziel, der Rezeptur der Ahoj–Brause auf die Spur zu kommen, haben wir wohl erreicht.

Mit den nun nicht mehr geheimen Mengen von Natriumhydrogencarbonat, Weinsäure, Zucker und diversen Aromen gelingt es uns, beliebige Brausemischungen zu komponieren und mit Wasser zum Prickeln zu bringen.

Die über allem stehende Frage „Was braust denn da?“ konnten wir jedenfalls hinreichend beantworten. Und dass Brausepulver nicht nur zu den Lebensmitteln zählt, sondern sich auch für einige chemische Kunststücke eignet, haben wir mit der „Eisbombe“ und dem Versilbern von Glasgefäßen zeigen können. Darüber hinaus scheinen auch Ameisen an dem Pulver mehr oder weniger Gefallen zu finden.

Neben dem rein Fachlichen über die Chemie hinaus haben wir mehr als vorher gelernt, uns im Team einzubringen, der eine mehr, der andere weniger, je nach den individuellen Fähigkeiten und Fertigkeiten. Mit den einzelnen Kapiteln hatten die Gruppen bisweilen ihre Schwierigkeiten. Manches wurde unter Zeitdruck geschrieben. Ohne geblockte Stunden und ohne Nachtarbeit am Computer wäre es sicher nicht gegangen. In den Redaktionen der Tageszeitungen muss es ähnlich zugehen. Unser Chemielehrer – sein Vater war Deutschlehrer – hat einige Artikel sprachlich glätten müssen.

Daniel war unser Sammelpunkt für Texte, Bilder, E–Mails usw.; er war der

Koordinator, der aber bis zuletzt den Überblick behielt. Ihm gilt unser ganz besonderer Dank!

In der Endphase, wo alle Gruppen sozusagen „Hand in Hand“ arbeiten mussten, war die gute Zusammenarbeit und der persönliche Einsatz der Schlüssel zum Erfolg.

Vor allem – und das musste auch unser Chemielehrer anerkennen, wo er doch sonst mit Lob eher geizt – steigerte sich unser Arbeitseifer zum Ende unseres Projektes, mit dem nun auch das 2. Semester zu Ende geht, ein arbeitsreiches Semester, in dem wir Schüler des 12. Jahrgangs im Übrigen auch unsere Facharbeit in einem unserer Leistungskurse haben schreiben müssen, und wo auch die anderen Kurse nicht zu kurz kommen durften.

Jetzt, wo unsere Ergebnisse gedruckt vorliegen, und die Arbeit abgeschlossen ist, fühlen wir alle so etwas wie Stolz.

Tabellarische Übersicht der experimentell bestimmten Gehalte an Natron und Weinsäure im Brausepulver

A	*B*	*C*	*D*	*E*	*F*⊗	*G*	*H*	*I*	*K*	*L*	*M*	*N*	*O*
1	**5,262**	**0,200**	**750**	**20**	**0,180**	**8,0**	**0,67**	**12,8**	**0,600**	**30,5**	**0,46**	**1,060**	**20,1**
2	**5,612**	**0,275**	**745**	**24**	**0,239**	**10,0**	**0,895**	**15,9**	**0,750**	**32,0**	**0,48**	**1,230**	**21,9**
3	**5,768**	**0,265**	**760**	**20**	**0,241**	**10,0**	**0,90**	**15,7**	**0,750**	**36,1**	**0,54**	**1,290**	**22,4**
4	**5,594**	**0,250**	**760**	**20**	**0,228**	**10,2**	**0,86**	**15,3**	**0,765**	**31,0**♦	**0,465**	**1,230**	**22,0**
5	**5,624**	**0,190**	**750**	**20**	**0,171**	**7,6**	**0,64**	**11,4**	✳	**–**	**–**	**–**	**–**
6	**5,650**	**0,260**	**745**	**24**	**0,226**	**10,1**	**0,85**	**15,0**	✳	**–**	**–**	**–**	**–**
7	**5,601**	**0,238**	**743**	**22**	**0,209**	**9,3**	**0,78**	**13,9**	✳	**–**	**–**	**–**	**–**
8	**6,158**	**0,230**	**743**	**20**	**0,205**	**9,1**	**0,77**	**12,5**	✳	**–**	**–**	**–**	**–**
9	**5,770**	**0,220**	**760**	**22**	**0,198**	**8,9**	**0,74**	**12,9**	✳	**–**	**–**	**–**	**–**
Ø								**13,9**					**21,6**

⊗ nach Arndt−Dörmer, Technik der Experimentalchemie

✳ Hier wurde nicht titriert

♦ vgl. Titrationskurve

A = lfd. Nr. der Versuche

B = Masse Brausepulver (g)

C = Kohlenstoffdioxid−Volumen (L)

D/E = Druck (mmHg) und Temperatur (°C)

F = Auf Normalbedingungen reduziertes Gasvolumen (L)

G = Teilchenzahl n für CO_2 bzw. Natron (10^{-3} mol)

H = Masse Natron (g)

I = Massenanteil Natron (%)

K = Masse der nach Wasserzugabe (mit Natron) neutralisierten Weinsäure: m_1 (g)

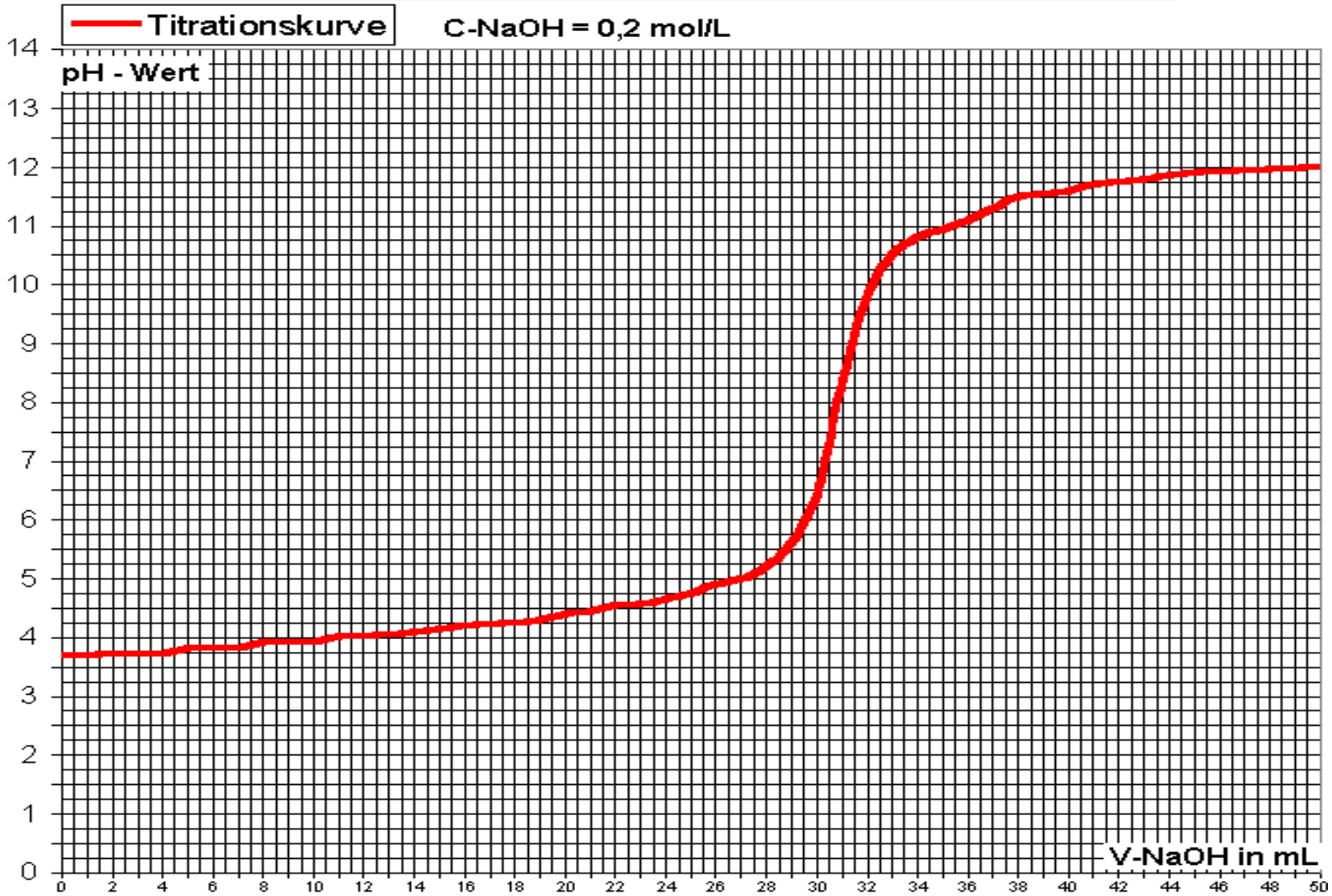
L = Volumen 0,2 molarer Natronlauge zur Titration überschüssiger Weinsäure (mL)

M = Masse der titrierten Weinsäure: m_2 (g)

N = Gesamtmasse der Weinsäure: $m_1 + m_2$ (g)

O = Massenanteil Weinsäure (%)

Titration der restlichen Weinsäure



8.3 Literatur

- Goethe, Die Wahlverwandtschaften.
- H. Laatsch, Die Technik der organischen Trennungsanalyse, Georg Thieme Verlag, 1988.
- Meyers Enzyklopädisches Lexikon, 9. Aufl. 1973.
- A. E. Brehm, Illustrirtes Thierleben, Bd. 6, Hildburghausen, 1869.
- Schwedt, Farbstoffen analytisch auf der Spur, Aulis Verlag Köln, 1996.
- Arndt–Dörmer, Technik der Experimentalchemie, Quelle & Meyer, 1972.
- Römpp, Chemie Lexikon, G. Thieme Verlag, 9. Aufl. 1995.
- Tausch/v. Wachtendonk, Chemie S II Stoff–Formel–Umwelt, C. C. Buchner Verlag, 1993.

Danksagung

Wir danken dem Frigeo–Werk, Remshalden, für die Ahoj–Brausepulver–Spende.

Ferner bedanken wir uns bei dem Dragoco–Werk, Holzminden, für die Fruchtaromen–Spende.