

Spaß, Kreativität und Selbstständigkeit beim Experimentieren mit CO₂ und Carbonaten

Chemische „Egg-Races“ in der Sekundarstufe 1

Von Hans-Joachim Gärtner und Gregor von Borstel

Kohlendioxid und (Hydrogen-)Carbonate bieten aufgrund ihrer relativen Ungefährlichkeit ein großes Spektrum an Möglichkeiten, das selbstständige Experimentieren der Schülerinnen und Schüler im Unterricht einzuüben. Dass dabei nicht immer gewohnte Wege beschritten werden müssen, zeigen die seit mehr als zwei Jahrzehnten an britischen Schulen und Hochschulen verbreiteten „Egg-Races“.

Die Idee zu solchen Aufgabenstellungen, bei denen „Forscher-teams“ um die Lösung teilweise sehr skurriler naturwissenschaftlich-technischer Aufgabenstellungen miteinander wetteifern, geht auf eine zwischen 1978 und 1986 von der BBC ausgestrahlte und von dem Weltraumwissenschaftler Heinz Wolff moderierte Fernsehserie mit dem Titel „The Great Egg Race“ zurück, in der vor allem physikalisch-technische Aufgabenstellungen gelöst werden mussten.

Die Bedeutung des Egg-Racings für den naturwissenschaftlichen Unterricht – insbesondere für den Bereich der Motivationsförderung – wurde lange Zeit von den britischen Chemie-Lehrern verkannt. Erst nachdem eine regelrechte physikalisch-technische Wettbewerbseuphorie an britischen Schulen und Hochschulen ausbrach, richtete Ende der achtziger Jahre die Royal Society of Chemistry (RSC) ein Komitee ein, das chemische Egg-Race-Aufgabenstellungen sammelte, prüfte und in einem kommentierten Sammelband [2] mit Erfolg weiterverbreitete. – Seitdem gehören auch chemische Egg-Races zum festen Repertoire des britischen Chemie-Unterrichts.

In Deutschland ist die Idee des „Egg-Racing“ weit weniger verbreitet. So stellt zwar die Sendereihe „Kopfball“ im WDR regelmäßig verschiedenen Gruppen skurrile Aufgaben, die experimentell mit Hilfe der angegebenen Materialien zu lösen sind, das Gesamtkonzept hebt jedoch eher auf theoretische Erklärungen als auf praktische Lösungen ab. [3]

An Studienseminaren und Schulen stößt das „Egg-Racing“ bisher – abgesehen von wenigen Ausnahmen – nur auf ein geringes Interesse. Dies könnte neben dem bisher geringen Bekanntheitsgrad darauf zurückzuführen sein, dass man häufig der Auffassung ist, beim Egg-Racing stehe eher der Spaß im Vordergrund und nicht die Vermittlung fachlicher Inhalte.

Dies ist jedoch ein Trugschluss: wesentliches Element der Naturwissenschaft Chemie ist das Experiment – einerseits als reine manuelle Tätigkeit, andererseits als geplante erkenntniserschließende Methode. Damit wird das Experiment mit all seinen Aspekten wie z.B. Planung, Durchführung und Auswertung selbst zum fachlichen Inhalt, der im Hinblick auf die Selbstständigkeit der Schülerinnen und Schüler nicht nur durch instruktive Vorgehensvorgaben erlernt werden darf. Für einen Chemie-Unterricht, der wirklich auf das Lernen

Why should physicists have all the fun?

The total absence of a chemical input into egg-racing is one more nail in the coffin of chemistry. Chemistry, that supremely technological activity, is absent from yet another manifestation of technological activity for young people.

Dr. Peter Borrows, Vorsitzender des Egg-Race-Komitees der Royal Society of Chemistry 1989 [1]

Egg-Races sind praktische naturwissenschaftlich technische Aufgabenstellungen:

- die sich durch ungewohnte Blickweisen oder durch Skurrilität von üblicherweise gestellten Aufgaben abheben und so motivierend wirken,
- die durch um die Lösung wetteifernde Teams selbstständig gelöst werden müssen,
- die Neugier weckt und damit spielerisch bekannte und neuartige Lösungsstrategien herausfordert,
- die Spielraum und Zeit lassen, mehrere Lösungswege auszuprobieren,
- die innerhalb einer vorgegebenen Zeit und mit vorgegebenen Mitteln zu lösen sind,
- die einen praktischen Bezug aufweisen und deren Produkte bewertbar sind. [4]

selbstständigen Denkens und Handelns abzielt, bedeutet dies, dass in ihm Bedingungen geschaffen werden müssen, unter denen Schüler lernen, eigene Vorstellungen zur Lösung bestimmter Probleme zu entwickeln und zu verfolgen. Eine dieser Bedingungen ist zum Beispiel die völlige Zurücknahme der pädagogischen Aktivitäten des Lehrers während des Zeitraumes, in dem die Schüler an eigenständigen Lösungswegen arbeiten.

Dieser Gedanke entspricht dabei der naturwissenschaftlichen Praxis, verschiedene Lösungsansätze zu erfinden und zu erproben, bis sich der gewünschte Erfolg, nämlich die Lösung des Problems, einstellt. Das Lernen besteht hierbei im Wesentlichen darin, dass die Schülerinnen und Schülern erfolgreiche Strategien aus einem weiten Spektrum von Strategien herausfiltrieren, diese verfeinern und wieder anwenden. Es handelt sich also um ein Erfahrungslernen, das den Fehler und das Wissen um mögliche Fehlschläge mit einbezieht.

Die nachfolgenden Egg-Race-Aufgaben, in denen Kohlenstoffdioxid und Carbonate eine wichtige Rolle spielen, fördern in diesem Sinne zum einen das selbstständige und strategische Vorgehen beim Experimentieren und darüber hinaus zum anderen durch die Art der Aufgabenstellung und die zur Verfügung gestellten Materialien die Motivation und Kreativität der Schülerinnen und Schüler.

Beispiele

Die angeführten Beispiele lassen sich in der Regel in einer Unterrichtsstunde durchführen (Ausnahmen sind die Aufgaben 2, 6 und 10). – Allerdings überschreitet die Bearbeitung der Aufgabenstellungen diesen Zeitansatz umso mehr, je weniger die Schülerinnen und Schüler im selbstständigen Experimentieren geübt sind. Es empfiehlt sich daher, die Schülerinnen und Schüler nicht unverhofft mit Egg-Race-Aufgabenstellungen zu konfrontieren, sondern im Unterricht allmählich hierauf hinzuarbeiten.

Nach der Durchführung der Egg-Races ist es unerlässlich, dass die Schülergruppen Gelegenheit haben, ihre Lösungsvorschläge vorzustellen (z.B. am erstellten Produkt oder in Form von Postern) und damit auch Vor- und Nachteile einzelner Lösungsvorschläge diskutieren können.

Aufgabe 1

Baut einen Feuerlöscher, der eine Kerze aus möglichst großer Entfernung löscht. [5]

Materialien:

Brausetabletten (wahlweise Zitronensäure oder Weinsäure, Backpulver), Wasser, Geschirrspülmittel, große Spritzen, Schlauchmaterial, Kerze, Tücher.

Hinweise:

Damit es keine Wasserschlacht gibt, kann man die Aufgabe so einschränken, dass man zur Lösung des Problems den Kolben der Spritzen nur ziehen aber nicht drücken darf. Darüber hinaus ist auf die erhöhte Rutschgefahr hinzuweisen.

- Bei der experimentellen Umsetzung der Egg-Race-Aufgabenstellungen wird davon ausgegangen, dass
- die Schülerinnen und Schüler auf mögliche und offensichtliche Sicherheitsrisiken hingewiesen werden;
 - die Versuche nur mit Geräten durchgeführt werden, die den Sicherheitsbestimmungen genügen;
 - Techniken des sicheren Experimentierens vermittelt wurden und angewandt werden. Hierzu gehört z.B. das Tragen von Schutzbrillen.
 - Verhaltensregeln für das sichere Experimentieren vermittelt wurden und angewandt werden.

Aufgabe 2

Baut mit den vorliegenden Materialien ein Boot, das sich möglichst schnell auf dem Wasser fortbewegt. [2] [5]

Materialien:

z.B. Fotodöschen, kleine PE-Fläschchen, Brausetabletten, Gummibänder, Verpackungen, Styropor, Holz, Plastikspritzen, Wanne ...

Aufgabe 3

Was lässt die Brause sprudeln? [5]

Ihr wollt eure eigene, stark sprudelnde Brause herstellen. Auf einer handelsüblichen Verpackung findet ihr Angaben darüber, welche Stoffe enthalten sind. Ihr habt nun die Aufgabe herauszufinden, welche Zutat(en) das Brausepulver zum Sprudeln bringt/bringen.

Materialien:

Weinsäure, Natriumhydrogencarbonat, Zucker, Salz, Wasser, Uhrgläser, Spatel.

Aufgabe 4

Wer beschriftet die Flasche korrekt? [6]

Bei Aufräumarbeiten im Keller findet ihr vier verschlossene Flaschen. Die Flaschenaufkleber sind abgefallen und liegen auf dem Boden. Ihre Beschriftungen lauten „verdünnte Salzsäure“, „verdünnte Natronlauge“, „Natriumcarbonatlösung“ und destilliertes Wasser. Im Kellerregal liegen auch noch einige saubere Reagenzgläser und ein Heftchen mit blauem Lackmuspapier. Ohne jedes zusätzliche Material sollt ihr die Flaschen korrekt beschriften. Darüber hinaus sollt ihr eure Vorgehensweise auch genau beschreiben können.

Materialien:

4 unbeschriftete Flaschen, verdünnte Salzsäure, verdünnte Natronlauge, Natriumcarbonatlösung, destilliertes Wasser, 4 beschriftete Flaschenaufkleber, Reagenzgläser, Reagenzglasgestell, blaues Lackmuspapier.

Aufgabe 5

Hat Kohlenstoffdioxid tatsächlich eine höhere Dichte als Luft? [7]

Ihr habt gerade in der Schule gelernt, dass es manchmal zu Erstickungs-Unfällen in Gärkellern kommt, weil Kohlenstoffdioxid eine höhere Dichte als Luft hat. – Als ihr das euren Freunden erzählt, glauben sie das nicht, und ihr seid gezwungen, einen Beweis für die höhere Dichte von Kohlenstoffdioxid zu erbringen. – Leider habt ihr dazu nur die ausgegebenen Materialien zur Verfügung.

Materialien:

2 kleine Gefrierbeutel (20 cm x 30 cm), Brausetabletten, ein hohes Glas, Wasser, ein ca. 80 cm langes dünnes Kunststoffrohr, eine Heftzwecke.

Hinweise:

Die Lösung der Aufgabe zielt auf die Konstruktion einer Balkenwaage ab. – Um zu einem Ergebnis zu kommen, muss der Wägebalken (das Kunststoffrohr) auf dem Pin der Heftzwecke aufliegen. Durch ein Arrangement mit anderen Materialien (z.B. Kerzen, Bechergläsern) oder durch das Weglassen jeglicher Vorgaben können die Schülerinnen und Schüler auch weitere Lösungswege beschreiben.

Aufgabe 6

Wer baut die beste Brause-Rakete? [8]

Baut mit den ausgegebenen Materialien eine Rakete, die so hoch wie möglich fliegt. Als Antrieb für die Rakete darf nur eine Brausetablette (Multivitamin-tablette) und kaltes Wasser verwendet werden. Es darf kein Teil der Rakete erhitzt werden.

Materialien:

Verschiedene unterschiedlich große Kunststoffbehälter (Tablettenröhrchen, Flaschen), Stopfen, Klebeband, lange dünne Holzstäbe, Brausetabletten, Wasser ...

Hinweise:

Die Durchführung des Egg-Races sollte nur im Freien durchgeführt werden. Dabei ist darauf zu achten, dass die Raketen nur nacheinander zum Abschuss kommen. Die Raketen können darüber hinaus aus Sicherheitsgründen auch durch ein Drachenseil geführt werden, das durch einen an den Raketen befestigten Trinkhalm gezogen wird.

Aufgabe 7

Wie viel Gas entsteht aus einer Brausetablette? [9]

Ihr sollt mit den ausgegebenen Geräten und Materialien ein Experiment planen und durchführen, mit dem ihr feststellt, wie viel Gas entsteht, wenn man eine Brausetablette zu Wasser gibt. Vor Versuchsbeginn müsst ihr eurer Lehrerin oder eurem Lehrer eine Zeichnung eures Versuchsaufbaues zeigen und den Versuch auch beschreiben können.

Materialien:

Erlenmeyerkolben (250 ml), Stopfen mit einer Bohrung, Rohre, Winkelrohre, pneumatische Wanne, Standzylinder (mind. 100 ml), Kolbenprober (mind. 100 ml), Stativmaterial, Luftballon.

Hinweise:

Mit den ausgegebenen Materialien stehen verschiedene Lösungsmöglichkeiten für die Schülerinnen und Schüler offen: Auffangen des Kohlenstoffdioxides mit Hilfe einer pneumatischen Wanne, des Luftballons (das Gas wird später wieder zurückgeführt) oder mit einem Kolbenprober. Bei Verwendung des Kolbenprobers ist darauf zu achten, dass der Stempel gesichert ist, alternativ kann man auch große Spritzen verwenden.

Aufgabe 8

Brühwürfel-Lift [2]

Baut ein Gerät, das die Reaktion zwischen einem Teelöffel Natriumhydrogencarbonat und drei Teelöffeln Zitronensäure nutzt und einen Brühwürfel so hoch wie möglich anhebt.

Materialien:

Plastikspritzen, Kunststoffflaschen, Gummistopfen mit einer Bohrung, Kunststofflöffel, Knetgummi, Pappe, Klebstoff, Luftballon, Stativmaterial, große Trinkhalme, Butter oder Margarine, Zitronensäure, Natriumhydrogencarbonat, Wasser.

Aufgabe 9

Chemische Uhr [2]

Brausetabletten geben Kohlenstoffdioxid ab, wenn man sie in Wasser gibt. Nutzt diese chemische Reaktion, um ein Gerät zu bauen, das den Ablauf von 30 Sekunden genau anzeigt.

Materialien:

Stoppuhr, Schnellwaage, gerade und gebogene Glasrohre, Kapillarröhrchen, Gummistopfen mit und ohne Bohrung, Reagenzgläser, kleine Erlenmeyerkolben, Joghurt-Becher, ca. 80 cm langes Plastikrohr, Draht, Lineal, Gewichte, wasserfester Stift, Brausetabletten, Wasser, dickflüssiges Öl.

Hinweise:

Die Materialangaben lassen eine Vielzahl von Lösungsmöglichkeiten zu: Auffangen des in 30 Sekunden freigesetzten Kohlenstoffdioxides in einem Standzylinder, Nutzung des Gasdruckes um eine Wassersäule in einem Glasrohr hochzudrücken oder um einen Öltropfen in einem Kapillarröhrchen zu verschieben. Da bei allen Versuchen eine Kalibrierung (Markierung mit dem wasserfesten Stift) durchzuführen ist, sollten die Schülerinnen und Schüler den Versuch mehrfach durchführen. – Insbesondere um auch die Beobachtung zu machen, dass in CO₂-gesättigtem Wasser ein größeres Gasvolumen freigesetzt wird.

Aufgabe 10

Welcher Soft-Drink enthält das meiste Kohlenstoffdioxid? [2]

Viele Soft-Drinks enthalten Kohlenstoffdioxid um einen Erfrischungseffekt zu erzeugen. – Ihr sollt herausfinden, welches der beiden euch zur Verfügung gestellten Produkte das meiste Kohlenstoffdioxid enthält.

Materialien:

2 verschiedene kohlendioxidhaltige Softdrinks in kleinen Flaschen, genaue Schnellwaage, Plastikwannen, Gummistopfen, Glasrohre, Gummischlauch, große Bechergläser, Wanne, großer Standzylinder, Heizplatten, Wasser.

Hinweis:

Zum Austreiben des Kohlenstoffdioxids aus den Softdrinks dürfen die Softdrink-Flaschen keinesfalls auf die Heizplatten gestellt werden. – Es sind entweder ein Wärmebad oder hitzebeständige Glasgefäße zu verwenden.

Literatur

- [1] Borrows, Peter: Great chemical egg races, Education in Chemistry 20ff. (5/1989)
- [2] Johnston, J. und N. Reed (Hrsg.): In Search of Solutions, London 1990 (Royal Society of Chemistry).
- [3] Ein umfangreiches Archiv von Experimenten – auch zum Thema “Kohlenstoffdioxid“ ist unter der URL <http://www.kopfball.de> zu finden.
- [4] Gärtner, Hans-Joachim: Aufgaben und Wetteifer, Unterricht Physik, 13, 24f. (01/2002).
- [5] von Borstel, Gregor: Egg Races - kreatives Experimentieren, <http://www.lebensnaherchemieunterricht.de>
- [6] Barker, A.L. und K.A. Knapp: Chemistry – a practical approach. London 1989 (MacMillan), S. 84
- [7] Press, Hans-Jürgen: Spiel – das Wissen schafft, Ravensburg 1987 (Ravensburger Buchverlag), Experiment 21
- [8] Gärtner, Hans-Joachim: Kreativität und Wettbewerb, NiU Chemie 8, 278 (1997)
- [9] Gärtner, Hans-Joachim und Volker Scharf: Chemische „Egg-Races“ in Theorie und Praxis. Boppard und Speyer 1994 (Staatliches Institut für Lehrerfort- und –weiterbildung), S. 28

Die erste Aufgabenstellung in der BBC-Reihe forderte das Publikum heraus, ein gummibandbetriebenes Gefährt zu bauen, das ein frisches Hühnerei so weit wie möglich transportiert. – Der Name „Egg Race“ leitet sich aus diesen oder ähnlichen Aufgabenstellungen ab.