

Anregungen zur Minimierung / Vermeidung von Abfällen - eine Übersicht

DIETHER GRÄF

Aspekte sind: Organisation der Chemiesammlung, Mikro-/Halbmikroexperimente, Wiederverwendung von Chemikalien, Kopplung von Experimenten, Ersatz von bzw. Verzicht auf Experimente mit Gefahrstoffen, Aufbewahrung und sinnvolle Beseitigung von Chemikalien.

Organisation der Chemie-Sammlung

Eine gute Chemikalieneinkaufs- und -verbrauchsplanung erspart viel Abfall. Man muß überlegen, ob z.B. eine „exotische“ Chemikalie, von der man wenig braucht, die Anschaffung lohnt. Besonders schwer wiegt es, wenn man diese dann nur in 1-kg-Gefäßen erhält. Die meisten Vorratsflaschen stehen leider (weil man bisher auch schon sparsam war) nach 10 Jahren noch zu 50 bis 80 % gefüllt herum. Nach dieser Zeit aber sollten (nach Angaben der Hersteller) PE-Gefäße wegen beginnendem Zerfall ausgetauscht werden. Was geschieht dann mit dem Inhalt? Früher konnte man Chemikalien in kleinen, abgefüllten Portionen günstig kaufen. Heute begrenzen wirtschaftliche sowie Sicherheitsaspekte dies. Bei steigender Umweltbelastung lohnt es sich, neu zu rechnen, ob die Abfüll- oder die Entsorgungskosten günstiger liegen. Den tatsächlichen Bedarf in den nächsten Jahren möglichst genau zu planen, ist deshalb unumgänglich.

Mikro-/Halbmikroexperimente

Prinzipiell erfordert der projizierte Mikroversuch die geringsten Chemikalienmengen: Fällungsversuche, Kristallisieren und Auflösen von Salzen, Schmelzen und Erstarren (evtl. mit Polfilter), Elektrolyse, Ionenwanderungen. Halbmikroversuche eignen sich vor allem für Schülerübungen. Sie ersparen nicht nur Chemikalien, sondern auch Zeit.

Wiederverwendung von Chemikalien

Alle Salze von Kristallisationsversuchen, Pikrinsäure von Färbeversuchen;

Lösemittel, wenn nicht zu sehr verunreinigt; Schwefel von Erhitzungsversuchen.

Säuren von Verdünnungsversuchen: So läßt sich Schwefelsäure verwenden zur Elektrolyse, für galvanische Zellen, zur Wasserstoffentwicklung und Reinigung von Geräten; verdünnte Salzsäure entfernt sehr gut Kalkbeläge an Gläsern;

Ethanol vom Weindestillationsversuch wird dem Destillationsrückstand zugegeben und der Ansatz erneut verwendet, ebenso kann man bei der Erdölestillation verfahren.

Salzlösungen von Elektrolysen, galvanischen Zellen lassen sich bei nicht zu großer Verschmutzung erneut einsetzen, eventuell mit neuem Salz aufkonzentrieren.

Die Mischung Kaliumchlorat/Braunstein zur Darstellung von Sauerstoff läßt sich bei normalem Sauerstoffverbrauch mehr als einmal einsetzen.

Bleinitrat zur Stickoxid-Darstellung kann je nach Verbrauch erneut verwendet werden.

Zur Demonstration von Stoffeigenschaften (z.B. Chlor, Iod) und Gleichgewichtsveränderungen (z.B. bei Stickstoffoxiden) empfiehlt sich der Einsatz von Dauerpräparaten (Einschmelzen der Substanzen in Reagenzgläser).

Verwendung in Versuchen dargestellter Säuren und Laugen, Carbonate, Oxide zur Neutralisation von Abfallsäuren/Laugen im Sammelgefäß, Einsatz für Nachweisreaktionen, Leitfähigkeitsprüfungen oder Darstellung von Salzen

Kopplungs- bzw. Folgeversuche

Analyse/Synthese: Elektrolytische Zerlegung von Wasser oder Chlorwasserstoff mit anschließender Knallgasreaktion; Synthese von Zinkhalogeniden und deren elektrolytische Zerlegung; Polymerisation und Depolymerisation.

Oxidation/Reduktion: Alle Versuche, bei denen Kupfer oxidiert wird, lassen sich durch eine Reduktion wieder rückgängig machen (z.B. Bestimmung des Sauerstoffgehalts der Luft, Reduktion im selben Reaktionsraum mittels Wasserstoff oder bei Kupferblech mittels Methanol).

Kopplungen: Bei den meisten Versuchen zur Elektrolyse läßt sich die galvanische Zelle nachschalten. Die erzeugte Spannung ist mit einem Meßgerät direkt nachweisbar.

Beim Nachweis der „Thermoplasteigenschaft“ von Kunststoffen kann man mit dem Reagenzglasinhalt noch die Depolymerisation demonstrieren.

Die Nitrierung von Benzol läßt sich koppeln mit der Reduktion zu Anilin, Sulfonierung zu p-Sulfanilsäure, Diazotierung und Kupplung z.B. mit Beta-Naphthol zu einem Azofarbstoff.

Bei der Reaktion von Alkoholen mit Halogenwasserstoffen zu Halogenalkanen kann man die „Rückreaktion“ anschließen oder die weitere Umsetzung zu Nitrilen, Ethern oder Grignard-Verbindungen.

Bildung eines Esters und Rückgewinnung des Alkohols und der Säure durch Verseifung.

Seife kann durch Säurezugabe in die freie

Fettsäure übergeführt werden, woraus sich eine Kerze formen läßt; aus der Fettsäure läßt sich mittels Natronlauge Seife herstellen.

Benzoessäure (Suspension) in Wasser löst sich mit Natronlauge auf (Na-Salz). Durch Zusatz von Mineralsäure kann die Benzoessäure wieder ausgefällt werden.

Beim Thema „Salze“ bzw. „Ionenbindung“ macht man einen Schmelzversuch z.B. mit Kochsalz. Dieses kann anschließend zum Löslichkeitstest verwendet werden und dann zum Versuch Leitfähigkeit eingesetzt werden.

Ersatz von Versuchen mit gefährlichen Ausgangsstoffen bzw. Reaktionsprodukten

Acrylnitril und Styrol müssen nicht unbedingt zur Demonstration der Polymerisation verwendet werden. Geeigneter ist Butandiolmonoacrylat (schneller und weniger toxisch).

Blei- und Zinkchromat, Dichromtrioxid sowie Bleimennige und Cadmiumsulfid werden auch in der Industrie fast nicht mehr als Pigmente verwendet. Ersatz durch andere, nicht toxische Pigmente wie Eisenoxid.

Versuche zur doppelten Umsetzung bzw. zum Chromat-Nachweis sind sicherlich sehr anschaulich. Der Versuch der doppelten Umsetzung läßt sich ohne weiteres ersetzen durch die

Reaktion Silbernitrat plus Natriumchlorid, Bariumchlorid plus Natriumsulfat, Eisen(III)-chlorid plus Natriumphosphat, Calciumchlorid plus Natriumcarbonat, Zinksulfat plus Bariumsulfid (ergibt Zinksulfid plus Bariumsulfat, Lithopone).

Nickel-Metall kann in Form von feinverteiltem Raney-Nickel für katalytische Reaktionen verwendet werden. Hier ist zu überlegen, ob sich nicht ein ungefährlicherer Katalysator z.B. in Form von Platin/Aluminiumoxid findet.

Anstelle von Platin-Asbest hat sich bei uns Platin/Aluminiumoxid als gleichwertiger Ersatz bewährt.

Hydrazin bzw. Hydrazinhydrat für Brennstoffzellen kann ersetzt werden durch andere oxidierbare Stoffe wie Glucose.

Beim Thema „Analyse“ bzw. „Reduktion“ läßt sich statt Quecksilberoxid Silberoxid einsetzen. Allerdings ist Erhitzen im Vakuum erforderlich.

Die Zündkirsche beim Thermitversuch (Bariumperoxid plus Magnesiumpulver) sollte wegen der relativen Gefährlichkeit und Entsorgungsprobleme durch ein käufliches Zündstäbchen ersetzt werden.

Für den Carbonylgruppen-Nachweis sollte statt Phenylhydrazin das weniger gefährliche 2,4-Dinitrophenylhydrazin verwendet werden.

Formaldehyd und Acetaldehyd sind durch den ungefährlicheren Propionaldehyd ersetzbar.

Dem Versuch Formaldehyd plus Phenole zur Demonstration der Polykondensation vorzuziehen sind die Versuche ϵ -Caprolactam, Alkydharz: Phthalsäureanhydrid plus Glycerin, Sebacinsäuredichlorid bzw. Adipinsäuredichlorid plus Hexamethylen-diamin.

Anilin zum Nachweis von primären Aminen ist durch ungefährlichere aliphatische Amine austauschbar.

Als Diazotierungsagens eignet sich die ungefährliche p-Sulfanilsäure (statt Anilin und Benzidin)

Bei analytischen Fällungen von Sulfiden kann man auf das ungefährlichere Thioacetamid ausweichen, das man bei gleichem pH-Wert mitkocht. Es wird nur so viel Schwefelwasserstoff freigesetzt, wie benötigt wird.

Ersatz von gelbem Phosphor bei der quantitativen Sauerstoffbestimmung in Luft durch roten Phosphor oder Absorption an glühendem Kupfer oder durch alkalische Pyrogalllösung.

Halogenierungen unter Entstehung von Brommethan, Chlormethan, α -Chlortoluol, α -Dichlortoluol, 1,2-Dichlorethan, Dichlormethan, 1,1,2,2-Tetrachlorethan, Tetrachlormethan, Trichlormethan können ersetzt werden durch die Bromierung von Hexan oder Benzin.

Benzol als Lösemittel läßt sich oft ersetzen durch Toluol (z.T. durch Ethyllactat. – Red.)

Statt Tetrachlormethan, Trichlormethan, Tetrachlorethan und Pentachlorethan als Lösemittel sollte das weniger toxische Trichlor-trifluorethan eingesetzt werden.

Aus 1,2-Dibromethan läßt sich Ethen darstellen. Dies ist ungefährlicher als Ethanol und konz. Schwefelsäure.

Läßt man Ethen durch Bromwasser strömen, entsteht 1,2-Dibromethan unter Entfärbung des Bromwassers. Genauso gut läßt sich auch Propen oder Buten durchleiten.

Zur Demonstration der Sulfidfällung von Metallen muß man nicht unbedingt wegen der gelben Farbe von Arsen- oder Cadmiumionen ausgehen. Weniger toxisch ist Antimon (oran-ger Niederschlag), nicht toxisch Eisen oder Mangan (schwarze Niederschläge).

Schwefelwasserstoff kann man alternativ nachweisen durch die Entfärbung von Iodlösung. Gleichzeitig entsteht ein Niederschlag von feinverteiltem Schwefel.

Schöne, langsam kristallisierende Niederschläge ergibt nicht nur Bleiiodid, sondern auch Anthranilsäure aus dem Medium Wasser.

Zum Nachweis von Aluminium, Zink oder wechselweise Kobalt ist die Thenardsche Probe auf Aluminium und die Rinmansche Probe auf Zink die klassische Möglichkeit. Der Aluminium-Nachweis kann alternativ erfolgen durch Anfärbung der alkalischen Aluminiumprobe mit Alizarinrot S. Der rote Niederschlag ist in verd. Essigsäure schwerlöslich.

Der Zinknachweis kann alternativ so erfolgen:
a) pH 7: Phosphate fällen weißes Zinkphosphat.

b) pH 7: Zusatz von Schwefelwasserstoff (Thioacetamid) ergibt weißes Zinksulfid.

c) In salzsaurer, acetatgepufferter Lösung fällt Kaliumhexacyanoferrat (II) einen schmutzigweißen Niederschlag aus.

d) Testpapier Merck.

Der Kobalt-Nachweis kann gut mittels Testpapier (z.B: Merck) erfolgen.

Beim Versuch „Oxidation von Methanol mittels erhitztem Kupferoxid“ entsteht Formaldehyd. Man kann zur Formaldehydverminderung das Kupferoxid nur einmal eintauchen (Abzug) und den entstandenen Formaldehyd mittels Teststreifen (z.B: Merck) nachweisen. Man sollte prüfen, ob man nicht grundsätzlich Propanol-1 einsetzt und den entstehenden Aldehyd mit der Fehlingschen oder Tollensschen Probe nachweist.

Verzicht auf Versuche mit gefährlichen Ausgangsstoffen bzw. Reaktionsprodukten

Alle Versuche mit Quecksilber und seinen Salzen.

Arsentrioxid und andere Arsenverbindungen und die Marshsche Probe bzw. Kakodyloxid-Probe.

Vulkanversuch mit Ammoniumdichromat.

Nickelelektroden (ergeben beim Abschmirgeln feinen Nickelstaub).

Titantetrachlorid für Katalyse Zwecke

Lötrohrproben auf Arsen, Blei und Cadmium.

Redoxreaktionen mit As^{3+} und As^{5+}

Richtiges Aufbewahren von Chemikalien und Pflege der Geräte

Reinigung von stark verschmutzten Glas- und Porzellangefäßen: Braunsteinbeläge mit Pyrosulfitlösung, Kalk mit Säuren, organische schwarze Krusten mit Chromschwefelsäure behandeln oder in hartnäckigen Fällen mit Kaliumnitrat schmelzen, Rost mit Säuren, vor allem Oxalsäure oder einer Lösung aus Natriumcitrat, Natriumdithionit und Natriumhydrogencarbonat.

Wasserstoffperoxid, Silbersalze etc. in brau-

nen Flaschen aufbewahren, Laugen in Kunststoffgefäßen, Wasserstoffperoxid zusätzlich am besten in Kunststoffgefäßen mit Schutzmantel gegen Licht.

Originalflaschen sowie dichte Gefäße verhindern Verlust und Verschmutzen. Entnahme (vor allem bei Schülerübungen) nur mit sauberen Spateln oder Pipetten erspart Analysenröhrer und zusätzlich den Neukauf sowie die Entsorgung.

Elektroden sowie Diaphragmen bleiben kontinuierlich betriebsbereit nur durch Reinigung und Pflege (Beschlüge abschmirgeln, Diaphragmen einweichen in Wasser).

Dichtigkeit von Kleingasflaschen. Ein dauerndes Ärgernis war bei uns das Lecken bereits „angestochener“ Kleingasflaschen für Ethen. Im Folgejahr war diese Flasche fast immer leer, so daß wir dazu übergegangen sind, Ethen darzustellen und im Gasometer aufzubewahren zur kurzfristigen Verwendung.

Sinnvolle Beseitigung von Chemikalien

Man kann Schülern gut demonstrieren, wie die Säure/Lauge-Abfälle im Sammelgefäß neutralisiert werden.

Entsorgung von Natrium-Resten mit Ethanol: In der organischen Chemie zur Darstellung von Na-Ethanolat;

Kalium mit Butanol umsetzen.

Altes Wasserstoffperoxid (nur noch gering konzentriert): Unverdünnt zur Darstellung von Sauerstoff bzw. zur katalytischen Zersetzung an Braunstein benutzen oder Nachweis von Mn(IV)-oxiden in Mineralien oder zur Oxidation von Fe^{2+} zu Fe^{3+} .

Bariumperoxid läßt sich mit verdünnter (etwa 10 %iger) Schwefelsäure in Bariumsulfat und Wasserstoffperoxid überführen. Letzteres wird mittels Braunsteinzugabe in Sauerstoff und Wasser zerlegt. Absetzen lassen und danach die klare Lösung abdekantieren, Bariumsulfat normal entsorgen.