

II – 2 Fachbezogene Hinweise und Ratschläge – Chemie

II – 2.1 Hinweise zum Versuchsaufbau

Arbeitsverfahren sind so zu gestalten, dass gefährliche Gase, Dämpfe oder Schwebstoffe nicht frei werden, soweit dies nach dem Stand der Technik möglich ist.

In der Schule kann dies Ziel erreicht werden durch

- geschlossenen Versuchsaufbau (z. B. $\text{NO}_2/\text{N}_2\text{O}_4$ -Gleichgewicht im abgeschmolzenen Rohr),
- Verwendung geeigneter Waschflaschen oder Absorptionsrohre.

II – 2.2 Explosionsfähige Stoffe und Stoffgemische

II – 2.2.1 Explosionsgefährliche Stoffe oder Stoffgemische

Vor Beginn der Lehrerversuche Schülerinnen und Schüler gesondert über die Gefährdungen (z. B. Lärmentwicklung, wegfliegende Teile, vorzeitiges Zünden) und das sicherheitsgerechte Verhalten unterweisen.

Schutzscheiben aufstellen, Schutzbrille tragen.

Nur mit kleinen Mengen (Größenordnung: Milligramm) arbeiten.

Jeden Druck auf das Gemisch vermeiden, zum Mischen keine harten Gegenstände (Mörser, Spatel usw.) verwenden, sondern auf Papier durch vorsichtiges Umdrehen oder mit Hilfe einer Feder mischen.

Überhitzung, Flammennähe, Funkenbildung, Schlag oder Reibung vermeiden. Vor Auslösen der Reaktion Warnhinweis an Schüler geben (z. B. zur Vermeidung von Gehörschäden Ohren zuhalten und Mund öffnen).

Anfallende explosionsgefährliche Stoffe und Stoffgemische nicht aufbewahren, sondern unter größter Vorsicht in geeigneter Weise vernichten.

II – 2.2.2 Gemische aus entzündlichen Gasen bzw. Dämpfen mit Luft oder Sauerstoff

Schutzbrille tragen, ggf. Schutzscheiben oder Explosionskorb aufstellen.

Zwischen Gasentwickler und Reaktionsraum geeignete Rückschlagsicherung einbauen (Glasrohr mit Stahlwolle, Quarzwolle, kleine Gaswaschflasche oder Blasen-

zähler).

Keine Flamme in die Nähe des Gasentwicklers bringen.

Knallgas- oder Chlorknallgasexplosionen nur mit kleinen Mengen durchführen (Seifenlösung, 10 ml Einwegspritze, Reagenzglas).

„Papprohrversuch“ mit Kohlenwasserstoffen und Luft, nicht jedoch mit Sauerstoff durchführen.

Explosionsgefährliche Gemische von Ethin mit Luft, nicht jedoch mit Sauerstoff herstellen; Explosionsgefahr bei Mischungen aus Ethin mit Brom oder Chlor in gasförmiger Phase beachten.

II – 2.2.3 Peroxide

Vor der Destillation von Flüssigkeiten, die durch Lichtwirkung Peroxide bilden (z. B. Ether, Alkanale, Alkanone, ungesättigte Kohlenwasserstoffe, Tetralin, Tetrahydrofuran, Dioxan), Peroxidtest, z. B. mit Peroxidteststreifen, durchführen. Eisen(II)-sulfat zugeben, nicht völlig abdestillieren, Flüssigkeiten im Dunkeln oder in braunen Flaschen aufbewahren.

Peroxide mit Wasser phlegmatisieren

- Cyclohexanonperoxid mit w (Wasser) > 15 %,
- Dibenzoylperoxid mit w (Wasser) > 32 %.

II – 2.2.4 Sonstige explosionsgefährliche Mischungen und Reaktionsprodukte, die besondere Vorsicht bei Tätigkeiten erfordern:

- Schwermetallacetylide beim Einleiten von Ethin in Schwermetallsalzlösung,
- Silberazid beim Ausfällen aus Silbersalzlösungen mit Natriumazid,
- Natriumazid-Mischungen mit Metalloxiden bzw. -sulfiden,
- Kaliumpermanganat-Mischungen mit Metallen bzw. entzündlichen Bestandteilen,
- Mischungen von Eisen(III)-oxid, Mangan(IV)-oxid mit Aluminium (Thermitmischung),
- Phosphor beim Erhitzen im Phosphorlöffel, in dem noch Reste von Schwefel enthalten sind (Bildung von Phosphorsulfiden),
- Mischungen von Kupferoxid mit Aluminium, Magnesium oder Lithium,
- Chlorat-, Perchlorat- und Nitrat-Mischungen mit rotem Phosphor, Zucker, Schwefel bzw. mit anderen

entzündlichen Bestandteilen.

II – 2.2.5 Reaktionen, bei denen besonders brisante Produkte entstehen, sollen nicht durchgeführt werden, hierzu gehören z. B.:

- Reaktion von Iod mit konzentrierter Ammoniak-Lösung zu Iodstickstoff,
- Reaktion von Kaliumpermanganat mit konzentrierter Schwefelsäure zu Mangan(VI)-oxid,
- Herstellung von Silbernitrid aus ammoniakalischer Silbersalzlösung,
- Lösungen nach Gebrauch entsorgen.

II – 2.3 Hoch- (extrem entzündbare) bzw. leichtentzündliche (leicht entzündbare) Stoffe

- Beim Arbeiten mit hoch- (extrem entzündbaren) und leichtentzündlichen (leicht entzündbaren) Stoffen offene Flammen löschen oder Stoffe in sichere Entfernung bringen (Dämpfe kriechen flüssigkeitsähnlich über größere Entfernungen).
- Bei Experimenten möglichst in geschlossenen Apparaturen arbeiten.
- Beim Erhitzen (z. B. Destillieren) keine offene Flamme verwenden, z. B. mit Pilzheizhaube, Ölbad oder Sandbad heizen.
- Elektrostatische Aufladung (Entladungsfunke) berücksichtigen, z. B. metallische Entsorgungsgefäße mit Schutzerdung versehen.

Eine Aufbewahrung entzündlicher/entzündbarer Flüssigkeiten in Unterrichtsräumen ist grundsätzlich untersagt!

Im Einzelfall kann die Gefährdungsbeurteilung unter besonderer Berücksichtigung der nachstehenden Punkte auch ergeben, dass kein Sicherheitsschrank für entzündliche/entzündbare Stoffe erforderlich ist:

- die Gefäße sind dicht verschlossen und dauerhaft gekennzeichnet,
- gefährliche Mengen oder Konzentrationen von Gefahrstoffen, die zu Brand- oder Explosionsgefahren führen, sind nicht vorhanden (dies bedeutet u. a. die Mengen an Gefahrstoffen sind insbesondere im Hinblick auf die Brandbelastung und die Brandausbreitung auf das unbedingt notwendige Maß zu begrenzen),
- Zündquellen, die zu Bränden oder Explosionen führen können, sind nicht vorhanden (das bedeutet u. a. offene Flammen und elektrostatische Aufladung werden vermieden, die vorhandene ortsfeste

elektrische Anlage ist fristgerecht geprüft),

- schädliche Auswirkungen durch Brände oder Explosionen auf die Gesundheit und Sicherheit der Beschäftigten nicht zu befürchten sind (das bedeutet u. a. es sind in Fachräumen mit erhöhter Brandgefahr zwei sichere Fluchtmöglichkeiten vorhanden, die Ausgangstüren schlagen in Fluchtrichtung auf und lassen sich jederzeit von innen ohne fremde Hilfsmittel öffnen, und es stehen genügend Feuerlöcher zur Verfügung).

II – 2.4 Alkalimetalle

Vorsicht bei der Reaktion von Natrium und Kalium mit Wasser:

- Um ein Festsetzen am Rand des Reaktionsgefäßes zu verhindern und um die Oberflächenspannung zu reduzieren, ist ein Tropfen Spülmittel zuzusetzen.
- Kleine erbsengroße Stücke verwenden. Kruste entfernen. Gegen Ende der Reaktion zerplatzt die geschmolzene Hydroxid-Kugel: Spritzgefahr, Verätzungsgefahr.
- Beim Experimentieren Schutzbrille tragen, Schutzscheibe aufstellen.
- Äußerste Vorsicht bei der Umsetzung von Lithium unter Wasser mit dem Sieblöffel: nur linsengroße Stücke, sorgfältig entrindet, einsetzen, sauberen dicht schließenden Sieblöffel (Teesieb) verwenden. Sieblöffel-Versuch niemals mit Natrium oder Kalium durchführen.
- Reste von Lithium und Natrium, sowie abgetrennte Krusten mit Ethanol (Brennspiritus) umsetzen; längere Reaktionszeit beachten.
- Kaliumreste mit Butan-2-ol umsetzen, auf vollständige Umsetzung achten, möglichst unter Rückfluss kochen.
- Reste nicht in den Ausguss oder Abfalleimer werfen, bei Feuchtigkeit droht Selbstentzündung.
- Aufbewahrung der Alkalimetalle unter Paraffinöl, bei Petroleum zeigt sich stärkere Krustenbildung.
- Alkalimetalle reagieren heftig bis explosionsartig mit Halogenkohlenwasserstoffen. Deshalb nicht als Trockenmittel benutzen, stattdessen z. B. Molekularsieb verwenden.
- Alkalimetallbrände mit Sand löschen.

II – 2.5 Halogene

- Mit Chlor und Brom in geschlossener Apparatur oder

im Abzug arbeiten.

- An Stelle von elementarem Brom sollte Bromwasser verwendet werden.
- Brom nur in kleinen Gebinden (125 ml) beschaffen und verwenden.
Siehe Teil I - 3.12.5.
- Brom nur in einem dauerhaft abgesaugten Giftschrank mit mindestens 10-fachem Luftwechsel lagern.
- Bei der Herstellung von Chlor, z. B. aus Salzsäure und Kaliumpermanganat, nur das benötigte Chlorvolumen entwickeln.
- Überschüssiges Chlor und Brom entsprechend DGUV Regel 2004 „Gefahrstoffliste“ beseitigen.

II – 2.6 Kunststoffe

II – 2.6.1 Aufbewahrung

- Kunststoffkomponenten, Hilfsmittel und Lösemittel in Originalverpackungen aufbewahren.
- Reste von abgefüllten Komponenten nicht in die Originalgebinde zurückgießen.
- Für gute Belüftung sorgen, Sonneneinstrahlung vermeiden.
- Für Gefahrstoffe Sicherheitsdatenblätter vom Hersteller anfordern und als Information für alle zugänglich aufbewahren.

II – 2.6.2 Verarbeitung durch Polieren, Schleifen, Schmelzschnitten

- Staubentwicklung so gering wie möglich halten, z. B. durch Nassbearbeitung.
- Bei der maschinellen Bearbeitung entstehende Stäube absaugen, bei manueller Bearbeitung Fensterlüftung.
- Schmelzschnitten am gut belüfteten Arbeitsplatz (Verbrennungs- bzw. Pyrolyseprodukte der geschnittenen Werkstoffe können gesundheitsschädlich sein).

II – 2.6.3 Warmverformen

- Höhere Temperaturen vermeiden. Bei der Verarbeitung von PVC über 170 °C entsteht u. a. Chlorwasserstoff und Vinylchlorid.
- Wenn nicht mit handelsüblichen Geräten gearbeitet wird, Versuchsaufbau standsicher ausführen. Unbeabsichtigtes Berühren der Heizquelle durch geeignete Maßnahmen ausschließen.

II – 2.6.4 Verkleben

- Sicherheitshinweise und Herstellerhinweise zu Klebstoffen beachten.
- Bei großflächiger Anwendung von Klebstoffen für ausreichende Lüftung sorgen.
- Auf sicheren Umgang mit Schmelzklebstoffen hinweisen: Verletzungen durch Schmelzklebstoffe sind schmerzhaft und verursachen schlecht heilende, schwere Verbrennungen. Bei der Verarbeitungstemperatur von mehr als 180 °C haftet der Klebstoff sofort auf der Haut und lässt sich nicht abwischen.
- Unter fließendem Wasser kühlen.

Siehe Teil III – 2.1 Verhalten bei Unfällen im Unterricht.

II – 2.6.5 Verschäumen mit Polyurethankunststoffen (PU)

- Vorrangig Montageschaum aus Druckgaskartuschen verwenden.
- Polyol-Toluylendiisocyanat (TDI) und Polyol-Hexamethylendiisocyanat(HDI)-Mischungen nicht mehr einsetzen; sie sind giftig, sensibilisierend und haben einen hohen Dampfdruck. Möglichst Polyurethan-Schäume auf der Basis von Diphenylmethandiisocyanat (MDI) verwenden.
- Möglichst Polyurethan-Schäume mit dem GISCODE PU 10 (PU-Systeme, lösemittelfrei) einsetzen.
- Gefahr von allergischen Reaktionen beachten, Hautkontakt vermeiden.
- Bei Arbeiten mit PU-Harzen Schutzbrille und Schutzhandschuhe tragen.
- In gut gelüfteten Räumen verarbeiten.

II – 2.6.6 Silikone

- Für Quellversuche nur Waschbenzin oder Petrolether (keinen Ottokraftstoff) verwenden. Unbedingt den Abzug benutzen.
- Schutzhandschuhe tragen. Härter für Silikone können Haut und Augen reizen. Allergische Hautreaktionen sind möglich.

II – 2.6.7 Glasfaserverstärkte Kunststoffe – Ungesättigte Polyesterharze (UP)

- Sicherheits- bzw. Herstellerhinweise und Tätigkeitsbeschränkungen, siehe I-3.6.2, beachten.
- Großflächig im Freien oder in gut gelüfteten Räumen verarbeiten.
- In das Harz erst Beschleuniger (Schwermetallsalze, Amine) sorgfältig einrühren, dann Härter (Peroxide)

zugeben. Härter und Beschleuniger niemals direkt miteinander vermischen (Explosionsgefahr). Vorbeschleunigte Harze bzw. Cobaltnaphthenat als Beschleuniger und MEKP-Härter (Methylethylketonperoxid) bevorzugen.

- Schutzbrille und Schutzhandschuhe tragen.

II – 2.6.8 Epoxidharze

Auf Epoxidharze aufgrund der sensibilisierenden Wirkung und des Epichlorhydrinanteils im Unterricht verzichten. Bei epoxidharzhaltigen Klebern Substitutionsprüfung zwingend durchführen.

II – 2.6.9 Entsorgung von Resten und Abfällen

Unverbrauchte flüssige Kunststoffkomponenten zu Kunststoffen reagieren lassen.
Sind Reste aus der Kunststoffverarbeitung nicht mehr zu verarbeiten, dann geben die Sicherheitsdatenblätter bzw. die Sachkostenträger der Schule über die Abfallbeseitigung Auskunft.

II – 2.6.10 Reinigung

Verunreinigte Haut nicht mit Lösemitteln (z. B. Aceton) säubern, hautschonende Handreinigungsmittel verwenden.

II – 3 Fachbezogene Hinweise und Ratschläge – Kunst

II – 3.1 Stifte und Kreiden

II – 3.1.1 Fixieren von Bleistift-, Buntstift-, farbige Kreide- und Wachsmalstiftzeichnungen

Pastellkreide-Zeichnungen werden häufig mit Fixativen behandelt.

Beim Versprühen von Fixativ können explosionsfähige Lösemitteldampf-Luft-Gemische entstehen; Zündquellen (z. B. offene Flamme, Schaltfunken, heiße Oberfläche) vermeiden.

Beim Versprühen von Fixativen auf ausreichende Lüftung des Arbeitsraumes achten. Größere Bilder im Freien bearbeiten.

Zum Konservieren von großflächigen Kreidemalereien (z. B. Pflastermalerei) möglichst Putzfestiger (Grundanstrichstoffe, Tiefengründe) auf Wasserbasis einsetzen, Farbnebel vermeiden. Lösemittelhaltige Tiefengründe sollen aromatenfrei sein.

II – 3.2 Farben und Lacke

II – 3.2.1 Dekorationsmal Farben/Acrylfarben

Mal Farben, z. B. Acrylfarben, auf wässriger Basis lösemittelhaltigen Farben vorziehen.

II – 3.2.2 Ölfarben

Statt „klassischer Ölfarben“ mit Acrylfarben oder wasserverdünnbaren Farben arbeiten.

Wegen der Gefahr der Selbstentzündung Leinöllappen in geschlossenem Metallbehälter oder unter Wasser aufbewahren. Durch Ölfarben verschmutzte Hände mit Papier vorreinigen. Hautverträgliche Handreinigungsmittel einsetzen. Die Hände nicht mit Terpentinersatz oder anderen Lösemitteln reinigen.

Siehe Tabelle Teil III – 3.4 Übersicht über gebräuchliche Lösemittelgemische.

II – 3.2.3 Lacke

Bei der farbigen Gestaltung von Gebrauchsgegenständen und Objektkunst möglichst wasserbasierte Lacke verwenden, die nur geringe Lösemittelanteile enthalten.

II – 3.2.4 Stoffmal Farben/Stoffdruckfarben

II – 3.2.5 Seidenmal Farben

Seidenmal Farben sind wässrige Zubereitungen von Kunstharzen und Diolen.

Beim Fixieren der Seidenmal Farben durch Bügeln auf ausreichende Lüftung achten.

II – 3.3 Klebstoffe

Sicherheitshinweise und Herstellerhinweise zu Klebstoffen beachten.

Bei großflächiger Anwendung von Klebstoffen für ausreichende Lüftung sorgen.

Auf sicheren Umgang mit Schmelzklebstoffen hinweisen: Verletzungen durch Schmelzklebstoffe sind schmerzhaft und verursachen schlecht heilende, tief greifende Verbrennungen. Bei der Verarbeitungstemperatur von mehr als 180 °C haftet der Klebstoff sofort auf der Haut und lässt sich nicht abwischen. Unter fließen-