

-Internes Arbeitsmaterial-



Einführung in die Technik

Unterrichtsrelevante Laborpraxis - Chemie

Ausbildungsmaterial für Studierende des Lehramtes an Haupt-, Real- und Förderschulen
Fach Arbeitslehre

Wintersemester
2025/2026

Zusammenstellung & Bearbeitung:
S. Wagner, H. Barth &
J. Feller

Inhaltsverzeichnis

1. ARBEITEN IM LABOR	4
1.1. PROTOKOLLIERUNG VON CHEMISCHEN SCHULEXPERIMENTEN AUS FACHDIDAKTISCHER SICHT	4
0.1.1. Anforderungen an das Protokollieren von Schulexperimenten aus der Lehrperspektive	4
0.1.2. Grundstruktur eines Versuchsprotokolls für ein chemisches Schulexperiment	5
0.1.3. Musterprotokoll	6
0.2. GESUNDHEITS-, ARBEITS-, UNFALLSCHUTZ IM CHEMISCHEN EXPERIMENTALUNTERRICHT	8
0.2.1. Allgemeine Experimentierregeln	8
0.2.2. Kennzeichnung von Gefahrstoffen	9
0.3. GERÄTEKUNDE	10
0.3.1. Auflistung gebräuchlicher Geräte zur Durchführung von Schulexperimenten	10
0.4. BRENNERARTEN	13
0.4.1. Gasbrenner	13
0.4.2. Weitere Brennerarten	15
1. ZUM UMGANG MIT GERÄTEN UND CHEMIKALIEN	17
1.1. UNTERSUCHUNG DER TEMPERATURZONEN INNERHALB DER BRENNERFLAMME	17
1.2. GLASROHRBEARBEITUNG	18
1.2.1. Zuschneiden und Trennen von Glasrohren	18
1.2.2. Rundschmelzen der Bruchkanten	18
1.2.3. Ziehen von Glasrohren, Herstellen von Pipetten	19
1.2.4. Biegen eines Glasrohres, Herstellen eines Winkelrohres	20
1.3. STOPFENBEARBEITUNG	21
1.3.1. Schärfen eines Stopfenbohrers	21
1.3.2. Bohren eines Stopfens	21
1.3.3. Montage eines Stopfens	22
1.3.4. Demontage eines Stopfens	22
2. HERSTELLUNG UND TRENNUNG VON STOFFGEMISCHEN	23
2.1. HERSTELLUNG VON STOFFGEMISCHEN	23
2.1.1. Herstellung eines Feststoffgemisches	23
2.1.2. Herstellung einer Lösung	23
2.1.3. Herstellung einer Aufschlämmung	24
2.2. TRENNUNG VON STOFFGEMISCHEN DURCH GEEIGNETE TRENNVERFAHREN	24
2.2.1. Dekantieren	24
2.2.2. Filtrieren	25
2.2.3. Destillieren	26
2.2.4. Eindampfen	27
3. MÜLLTRENNUNG	28
3.1. MODELLEXPERIMENT: TRENNUNG VON KUNSTSTOFFEN	28
3.2. MODELLEXPERIMENT: KUNSTSTOFFE RECYCLEN	28
3.3. MODELLEXPERIMENTE: PAPIERHERSTELLUNG UND PAPIERRECYCLING	29
3.4. PAPIERCHROMATOGRAPHISCHES TRENNEN	31
3.5. GEHEIMSCHRIFT MIT ZITRONENSAFT	32
4. OHNE WASSER, MERKT EUCH DAS, WÄR' UNSRE WELT EIN LEERES FASS	33
4.1. ERLÄUTERUNGEN WICHTIGER BEGRIFFE ZUR BESTIMMUNG DER WASSERGÜTE	33
4.2. UNTERSUCHUNG DER WASSERGÜTE EINES GEWÄSSERS	37
4.2.1. Hinweise zur Entnahme einer Wasserprobe	37
4.2.2. Ermittlung der Wasserführung von Gewässern	37
4.2.3. Bestimmung der Durchflussmenge von Gewässern	38
4.2.4. Beispiel für ein Wasser-Untersuchungsprotokoll	39

4.3.	UNTERSUCHUNG VON WASSERPROBEN	40
	<i>Sinnenprüfung von Wasserproben.....</i>	<i>40</i>
4.4.	WASSERVERSCHMUTZUNG & WASSERBELASTUNG	41
4.4.1.	<i>Demonstrieren der gelösten Luft in Wasser.....</i>	<i>41</i>
4.4.2.	<i>Wirkung von Wasch- und Spülmitteln auf die Oberflächenspannung des Wassers</i>	<i>42</i>
4.4.3.	<i>Beseitigung von Ölverschmutzungen. Öltankerunfall</i>	<i>44</i>
4.4.4.	<i>Demonstration eines Kies-Sand-Filter</i>	<i>45</i>
4.4.5.	<i>Bestimmung von pH-Wert von Haushaltsmitteln</i>	<i>47</i>
4.4.5.1.	<i>Bestimmung von pH-Wert von Haushaltsmitteln mit Rotkohllindikator.....</i>	<i>47</i>
4.4.5.2.	<i>Bestimmung von pH-Wert von Haushaltsmitteln mit Universalfärbungsindikator</i>	<i>48</i>
5.	CHEMISCH-TECHNOLOGISCHE VERFAHREN.....	49
5.1.	MODELLEXPERIMENT ZUR EISENMETALLURGIE: HERSTELLUNG VON ROHEISEN IM HOCHOFEN ...	49
6.	FEUER UND FEUERLÖSCHEN	53
6.1.	ABLEITEN VON BRENNBAREN GASEN AUS EINER FLAMME.....	53
6.2.	ABLEITEN VON BRENNBAREN GASEN AUS EINER KERZENFLAMME.....	53
6.3.	UNTERSUCHEN EINER KERZENFLAMME MITTELS KUPFERDRAHTWEDEL.....	54
6.4.	WIRKUNG VON FLAMMSCHUTZSIEBEN	55
6.5.	ABHÄNGIGKEIT DER VERBRENNUNG VON DER ENTZÜNDUNGS-TEMPERATUR.....	56
6.6.	ENTFLAMMBARKEIT VON VERGASERKRAFTSTOFF (DEMOVERSUCH)	57
6.7.	AUSBREITUNG BRENNBARER DÄMPFE VON LEICHTENTZÜNDLICHEN FLÜSSIGKEITEN (DEMOVERSUCH)	58
6.8.	ENTZÜNDEN VON EISEN UND EISENWOLLE (DEMOVERSUCH)	59
6.9.	MEHLSTAUBVERPUFFUNG (DEMOVERSUCH).....	59
6.10.	LÖSCHEN EINES FETTBRANDES (DEMOVERSUCH).....	61
	ABBILDUNGSVERZEICHNIS:	62
	QUELLENVERZEICHNIS	63

1. Arbeiten im Labor

1.1. Protokollierung von chemischen Schulexperimenten aus fachdidaktischer Sicht

0.1.1. Anforderungen an das Protokollieren von Schulexperimenten aus der Lehrperspektive



Das Protokollieren von Schulexperimenten dient dem Lehrenden in erster Linie dazu, sich **zielgerichtet eine Sammlung von erprobtem „Handwerkzeug“ für den Einsatz im Unterricht** anzulegen.

Die Protokollsammlung ist so anzulegen, dass sie ohne großes Suchen sofort als komplette, aussagekräftige Experimentieranleitung zur Vorbereitung und Durchführung von Unterricht einsetzbar ist. Es kommt dabei darauf an, dass man in dieser Sammlung seine ganz persönlichen Erfahrungen mit dem Experiment dokumentiert. Die Protokollsammlung hilft dabei, den Unterricht lebensnah zu gestalten und dafür passgerechte experimentelle Fragestellungen zu finden: Fragestellungen von hohem Allgemeininteresse, Experimente mit Produkten des täglichen Umgangs, der persönlichen Erfahrungs- und Medienwelt sowie „Schlagworte“ und „Modethemen“.

Welche Aussagen sind bei der Protokollierung chemischer Schulversuche besonders wichtig?

- Hinweise zum Experimentieren, um überzeugende, deutliche Ergebnisse zu erreichen.
- Hinweise zum Experimentieren in kürzester Zeit.
- Hinweise, wie mit einfachsten Mitteln experimentiert werden kann (improvisieren können).
- Hinweise zur exakten Vorbereitung, Durchführung, Beobachtung und (Aus-)Wertung von Experimenten. **Exaktes Trennen von „Beobachtung“ und „Auswertung“!**
- Exaktes Dokumentieren des materiellen und zeitlichen Aufwandes.
- „Tricks“ (unabdingbare Voraussetzungen, Steuerungsmöglichkeiten); Möglichkeiten der Kombination von Einzelexperimenten zu experimentellen Serien und deren Anordnung in erkenntnistheoretisch effektiver Reihenfolge.
- Bemerkungen zum Gesundheits-, Arbeits- und Unfallschutz (GAU).
- Hinweise zur Entsorgung unter schulischen Bedingungen.
- Hinweise zum richtigen Demonstrieren von Experimenten (Beachtung der Gestaltgesetze beim Experimentieren; Effektverstärkungen bzw. Effektabschwächung usw.).

Für unsere Lehrveranstaltungen sind die Experimentieranleitungen in den Broschüren bereits vorgegeben. Es ist deshalb möglich, sich bei der Anfertigung des einzelnen Versuchsprotokolls auf folgende Schwerpunkte zu konzentrieren:

0.1.2. Grundstruktur eines Versuchsprotokolls für ein chemisches Schulexperiment

1. Name

2. Thema und Datum des Praktikumstages

3. Thema/Aufgabenstellung des Experiments

4. Durchführung des Experiments

- Beschriftete Skizze der Geräteanordnung, ggf. ergänzender Text.
- Veränderungen und Ergänzungen gegenüber der vorliegenden Experimentieranleitung.

5. Beobachtung

- Fixieren der Beobachtungsergebnisse (= Sinneswahrnehmungen) und Messdaten.

6. Auswertung

- Ziehen von Schlussfolgerungen aus den Beobachtungsergebnissen.
- Werten der Effekte; knappe Darlegung wesentlicher, zum Verständnis des Experiments notwendiger theoretischer Grundlagen und Zusammenhänge; ggf. formulieren von Wortgleichungen oder Reaktionsgleichungen.

7. Zeitaufwand

- für die Vorbereitung
- für die Durchführung
- für die Entsorgung

8. Wichtige Hinweise zum Experiment

- Wichtige zusätzliche Hinweise zum Gesundheits-, Arbeits- und Unfallschutz; konkrete Entsorgungsmaßnahmen.
- Schrittfolge zur Montage bzw. Demontage der Apparatur, Experimentierreihenfolge usw.; theoretische und didaktische Zusatzinformationen, „Know-how“, Effekte, „Tricks“, „Macken“.
- Relevante Inhalte und Zusammenhänge (z.B. Alltagsbezug).
Vor- bzw. Nachbesprechung des Versuchs im Praktikum beachten!

9. Didaktischer Kommentar

- Bemerkungen zu den Einsatzbedingungen im Unterricht (z.B. Schulform, Leistungsvoraussetzungen der Schülerinnen und Schüler, organisatorische Voraussetzungen usw.); Bemerkungen zu den Sachthemen, bei deren Behandlung sich das Experiment im Unterricht eignen würde.
- Bemerkungen zur Unterrichtsgestaltung: In welcher Organisations- und Sozialform könnte das Experiment im Unterricht eingesetzt werden und warum (Lehrerdemonstrationsexperiment, Schülerdemonstrationsexperiment, Schülerexperiment, Einzelarbeit, Gruppenarbeit, arbeitsgleiches oder arbeitsteiliges Vorgehen)?
- Welche Grundanforderungen an das Wissen und Können der Schülerinnen und Schüler stellt das Experiment?

0.1.3. Musterprotokoll

Für jeden einzelnen Versuch ist ein Protokoll mit zugehöriger Kopfzeile anzufertigen. Die Protokollseiten müssen mit Namen und Seitenzahlen versehen sein.

Die Protokolle müssen in Einzelarbeit angefertigt werden. Plagiate werden als Täuschungsversuch angezeigt. Kennzeichnen Sie Zitate. Hinweis: eine Quelle ist immer dieses Arbeitsskript!

Kopfzeile:

Name, Vorname, Matrikelnummer

Laborpartner: Name, Vorname

Kurs A: z.B. 1 Halbjahr WS 22/23 8-10 Uhr

Kurstag und Protokoll: z.B. Präsenztage 4 Bestimmen von pH-Werten

Fußzeile:

Seitenzahlen

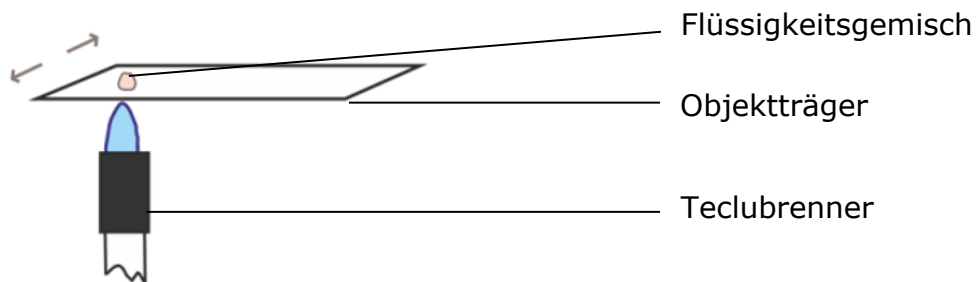
Thema: Trennen von Stoffgemischen

Versuch 1: Trennen eines Flüssigkeitsgemisches durch Eindampfen.

Geräte, Chemikalien, Entsorgung

→ analog Skript, Seite 27

Durchführung: analog Skript, Seite 28



Skizze 1 (Hinweis: Handschriftlich!): Eindampfen auf Objektträger

Beobachtung:

Es entstehen kleine und große Bläschen, es steigt ein weißer Dampf auf, am Rand des Tropfens entsteht ein weiß-rosafarbener pulveriger Feststoff. (Eventuell ist ein Knistern zu hören und man kann beobachten, dass kleine, weiße Feststoffteilchen vom Objektträger wegspringen.) Nach weiterem Erhitzen ist keine Flüssigkeit mehr zu sehen und es bleibt nur ein weiß-rosafarbener Feststoff zurück.

Auswertung:

Das Flüssigkeitsgemisch auf dem Objektträger trennt sich aufgrund der unterschiedlichen Siedepunkte der einzelnen Komponenten auf. Wasser hat den niedrigsten Siedepunkt aller vorliegenden Komponenten und kann deshalb durch das Erhitzen aus dem Gemisch abgetrennt werden (weißer Dampf steigt auf). Die Siedepunkte von Methylrot und Kochsalz liegen weitaus höher. Wasser beginnt bei 100 °C zu sieden. Auf dem Objektträger bleibt ein Gemisch aus Salz und Methylrot zurück (weiß-rosa Feststoff).

Zeitaufwand:

Aufbau etwa 6 min.

Durchführung etwa 5 min.

Abbau und Reinigung etwa 6 min.

Wichtige Hinweise zum Experiment:

- Vorsichtig erhitzen und den Objektträger nur in ganz kurzen Intervallen durch die Flamme bewegen.
- Wenn fast keine Flüssigkeit mehr zu sehen ist, nur sehr kurz erhitzen und erst kurz warten. Aufhören, wenn keine Flüssigkeit mehr zu sehen ist.
- Vorsichtig, die Finger dürfen keine Wärme fühlen

Didaktischer Kommentar:

Dieser Versuch eignet sich gut, um Möglichkeiten zur Trennung von Stoffgemischen aufzuzeigen. Der Schüler erkennt dabei, dass nicht nur Feststoffgemische (z.B. Eisenfeilspäne und Kochsalz) wieder getrennt werden können, sondern dass sich auch flüssige Stoffgemische (z.B. Lösungen) wieder in ihre Bestandteile auftrennen lassen.

Dieser Versuch ist im Rahmen der Behandlung der Lehrinhalte „Wasserverschmutzung/Wasseraufbereitung“ Hauptschule, Klasse 7 Es lässt sich deutlich zeigen, dass verschmutztes Wasser nur mit erheblichem Aufwand wieder gereinigt werden kann. Aber auch in der Einheit „Müll“ Realschule, Klasse 6 // Hauptschule, Klasse 5 ist das Experiment einsetzbar. Es lässt sich hierbei exemplarisch die Trennung eines Stoffgemisches behandeln und zeigt den hohen Aufwand, der betrieben werden muss, um die Rohstoffe zurückzugewinnen

Basiskonzept: Technische Systeme und Prozesse (Auseinandersetzung von technischen Systemen) oder Organisation von Arbeit (Umweltschutz und Nachhaltigkeit).

Die Durchführung ist aufgrund des geringen Materialaufwands und des geringen Gefährdungspotenzials sehr gut als Schülerexperiment durchführen.

0.2. Gesundheits-, Arbeits-, Unfallschutz im chemischen Experimentalunterricht

0.2.1. Allgemeine Experimentierregeln

1. Halten Sie Ordnung auf dem Arbeitsplatz! Geräte und Chemikalien, die nicht benötigt werden, wegräumen! Sie stören beim Experimentieren und Erschweren die Beobachtung.
2. Versuche stets mit der kleinstmöglichen Substanzmenge durchführen!
3. Chemikalien sind mit Löffel und Spatel herauszunehmen. **Den Löffel bzw. Spatel nach der Substanzenahme sofort reinigen und gut abtrocknen**, bevor damit ein anderer Stoff entnommen wird!
4. Flaschen nach der Stoffentnahme sofort wieder schließen! Stopfen dürfen nicht verwechselt werden!
5. Zum Umrühren von Flüssigkeiten einen Glasstab verwenden. **In Flüssigkeiten niemals mit dem Löffel oder Spatel rühren**, da es dabei zu Nebenreaktionen kommen kann!
6. **Beim Erhitzen Reagenzglasröhrchen nicht auf Personen richten!** Siedeverzug durch Schütteln vermeiden! Siedesteinchen verwenden! Bei alkalischen Flüssigkeiten ist besondere Vorsicht geboten.
7. Die **Art der Brennerflamme** ist stets so einzustellen, dass die Flammentemperatur dem Verwendungszweck entspricht!
8. Brenner nicht knapp an die Tischkante stellen!
9. Beim Umfüllen flüchtiger brennbarer Flüssigkeiten müssen **alle** Flammen gelöscht sein! Denken Sie auch an Sparflammen, heiße Gegenstände usw.!
10. Beim Verdünnen sind die konzentrierten Säuren oder Laugen immer in das Wasser zu gießen: „**Nie das Wasser in die Säure, sonst geschieht das Ungeheure!**“ Dabei eine Schutzbrille tragen!
11. Die Herstellung von explosionsgefährlichen Stoffen ist unzulässig!
12. Beim Ausgießen aus Flaschen muss das Etikett in der Hand liegen, damit herabrinne Tropfen das Etikett nicht zerstören können!
13. Gefäße, in denen Chemikalien aufbewahrt, nicht sofort weiterverwendet oder einer anderen Person zur weiteren Nutzung übergeben werden sollen, sind **unbedingt zu beschriften!**
14. Keine Chemikalien ohne Behälter oder Filterpapier auf die Waagschale legen!
15. Brennbare Flüssigkeiten, Glasscherben, Zündhölzer, Indikatorpapier, wasserunlösliche oder gewässergefährdende Stoffe und dgl. nicht in den Ausguss werfen! Entsorgungsvorschriften beachten!
16. Gesäuberte Reagenzgläser zum Abtropfen in das Reagenzglasgestell **umgekehrt** einstellen!
17. Apparaturen nach dem Experimentieren sofort wieder **demontieren!** Keine Glasgeräte (Glasröhrchen, Tropftrichter und dgl.) in Stopfen lassen!
18. Es dürfen keine beschädigten Geräte verwendet werden. Glasbruch gehört in den gekennzeichneten **Behälter für Glasabfall**. Glasbruch keinesfalls in den Papierkorb werfen!
19. Nach dem Experimentieren Tisch- und Laborordnung wieder herstellen! Hände waschen!

0.2.2. Kennzeichnung von Gefahrstoffen

Seit 1. Dezember 2012 müssen alle Gefahrstoffe einheitlich nach der GHS-Verordnung (Globally Harmonized System of Classification) eingestuft und gekennzeichnet werden:

Gefahrenpiktogramm		Gefahrenhinweis „Phrase“ Die so gekennzeichneten Stoffe haben folgende Eigenschaften:
	GHS01	<ul style="list-style-type: none"> – Explosiv – Selbstzersetzlich
	GHS02	<ul style="list-style-type: none"> – Entzündbar – Leicht entzündbar – Extrem entzündbar – Selbstentzündlich – Selbsterhitzungsfähig – Reagiert heftig mit Wasser
	GHS03	<ul style="list-style-type: none"> – Oxidierend, Oxidationsmittel
	GHS04	<ul style="list-style-type: none"> – Gase unter Druck
	GHS05	<ul style="list-style-type: none"> – Ätzend/Korrosiv – Ätz-/ Reizwirkung auf die Haut – Schwere Augenschädigung/ Augenreizung
	GHS06	<ul style="list-style-type: none"> – Lebensgefahr – Giftig – Akute Toxizität
	GHS07	<ul style="list-style-type: none"> – Gesundheitsschädlich – Betäubend – Allergisierend bei Hautkontakt – Reizend – Die Ozonschicht schädigend
	GHS08	<ul style="list-style-type: none"> – Krebs erzeugend, keimzellmutagen und reproduktionstoxisch – Schädigt die Organe – Kann die Organe schädigen – Aspirationsgefahr¹, lebensgefährlich
	GHS09	<ul style="list-style-type: none"> – Gewässergefährdend

Zur Kennzeichnung von Gefahrstoffen sind neben den **Gefahrstoffsymbolen** noch weitere Angaben verpflichtend, die die Art der Gefährdung genauer kennzeichnen. Die GHS-Verordnung verwendet dafür die **H- und P-Sätze** (englisch: *hazard* und *precautionary*). Die H-Sätze beschreiben also die Gefahren, die von diesen Stoffen ausgehen; die P-Sätze stehen für die zu treffenden Vorsichtsmaßnahmen. Die

¹ Eindringen in die Atemwege bei unzureichendem Hustenreflex

Bedeutung der einzelnen H- und P-Sätze kann man unter anderem in Chemikalienkatalogen oder Sicherheitsdatenblättern nachschlagen. Es sind standardisierte Textbausteine.

Beispiele:

- H261: In Berührung mit Wasser entstehen entzündbare Gase.
 P262: Nicht in die Augen, auf die Haut oder auf die Kleidung gelangen lassen.

Es finden sich auch Kombinationen P-Sätzen mit einer definierten Bedeutung:

Beispiel:


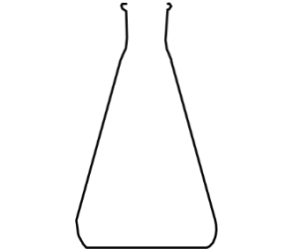

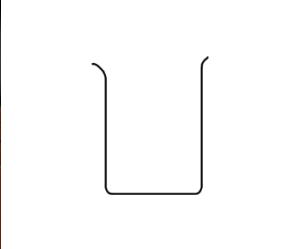

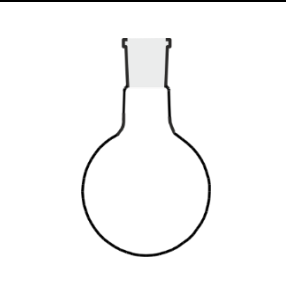

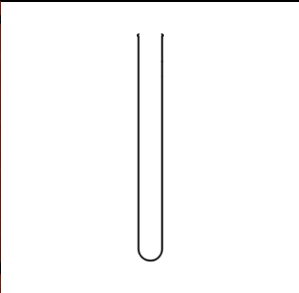

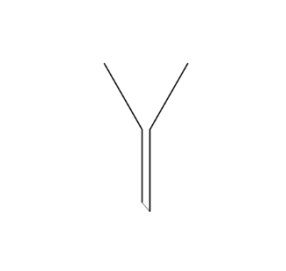

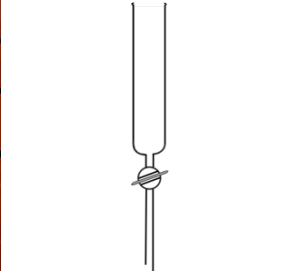
- P305 + P351 + P338: BEI KONTAKT MIT DEN AUGEN: Einige Minuten lang behutsam mit Wasser spülen. Vorhandene Kontaktlinsen nach Möglichkeit entfernen. Weiter spülen.

Da nicht alle bisher in der Europäischen Union (EU) verwendeten Gefahrenhinweise vom GHS-System der UN abgedeckt sind, aber das Schutzniveau in der EU erhalten bleiben soll, wurden solche Gefahrenhinweise, die im GHS-System kein Pendant mehr haben, in europäische H-Sätze (**EUH**) überführt. Sie sind innerhalb der EU verpflichtender Bestandteil der Kennzeichnung.

Die Einstufung der einzelnen Stoffe wird hinsichtlich ihres aktuell bekannten Gefährdungspotentials immer wieder überprüft und ggf. neu vorgenommen.

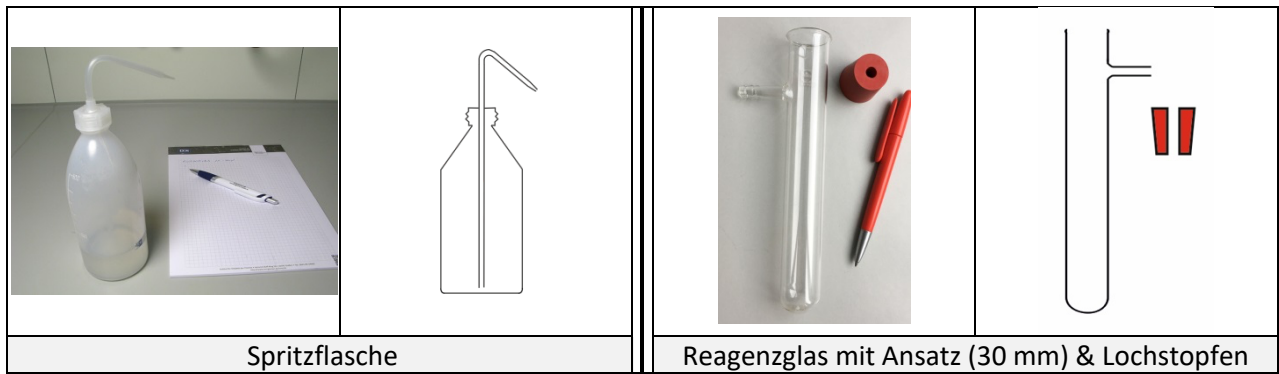
0.3. Gerätekunde

0.3.1. Auflistung gebräuchlicher Geräte zur Durchführung von Schulexperimenten:

Fotografie	Skizzendarstellung	Fotografie	Skizzendarstellung
			
Erlenmeyerkolben (500 ml; Enghals)		Becherglas (400 ml; weite Form)	
			
Rundkolben mit Schliff NS29; 250 ml (mit Korkring)		Reagenzglas (16 x 160 mm)	
			
Trichter		Tropftrichter	

<p>Standzylinder mit Abdeckplatte</p>		<p>Gaswaschflasche</p>	
<p>Kolbenprober</p>		<p>Messzylinder (100 ml)</p>	
<p>Abdampfschale</p>		<p>Mörser mit Pistill</p>	
<p>Uhrglas (d=10 cm)</p>		<p>Pipette mit Pipettenhütchen</p>	
<p>Satz Korkbohrer</p>		<p>Schärfer für Korkbohrer</p>	
<p>Glasfeile</p>		<p>Spiritusbrenner</p>	

<p>Bunsenbrenner</p>		<p>Dreifuß mit aufgelegtem Keramikdrahtnetz</p>	
<p>Filtriergestell</p>		<p>Reagenzglaslammer</p>	
<p>Reagenzglasgestell</p>		<p>Stativ mit Doppelmuffe, Stativklammer und Reagenzglas mit seitlichem Ausgang</p>	
<p>Stativklammer und Doppelmuffe</p>		<p>Tiegelzange</p>	
<p>Doppelspatel, Mikrospatel und Löffelspatel</p>		<p>Glasstab</p>	
<p>Kristallisierschale</p>		<p>Pneumatische Wanne</p>	



0.4. Brennerarten

0.4.1. Gasbrenner

Der Grundtyp des Gasbrenners ist der **Bunsenbrenner**. Der ebenfalls sehr häufig verwendete **Teclubrenner** arbeitet nach dem gleichen Funktionsprinzip: Durch eine einfache drehbare Vorrichtung wird dem Brenngas mehr oder weniger Luft beigemischt, um so die Eigenschaft der Brennerflamme nach Wunsch zu verändern.

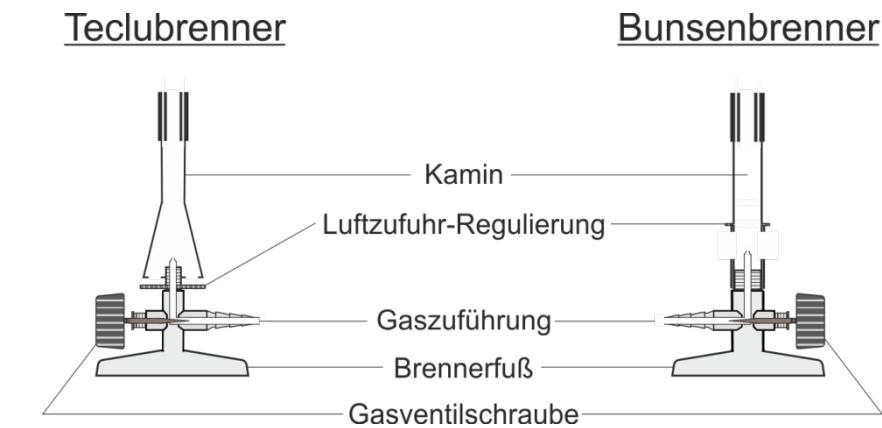


Abb.: 1 Brennerarten

Das Gas wird dem Brenner über einen Anschluss im Brennerfuß zugeführt. Es durchströmt im Mischkamin eine enge Düse mit hoher Geschwindigkeit, wobei mehr oder weniger viel Luft mitgerissen wird. Die Luftzufuhr kann durch einen drehbaren Ring mit Lochung reguliert werden. Je nachdem ob die Luftlöcher im Unterteil des Kamins abgedeckt bzw. teilweise oder ganz freigegeben werden, ändern sich die Flammeneigenschaften. Mit dem Gasbrenner können drei Flammentypen erzeugt werden:

Flammentypen:

leuchtende

nicht leuchtende

rauschende

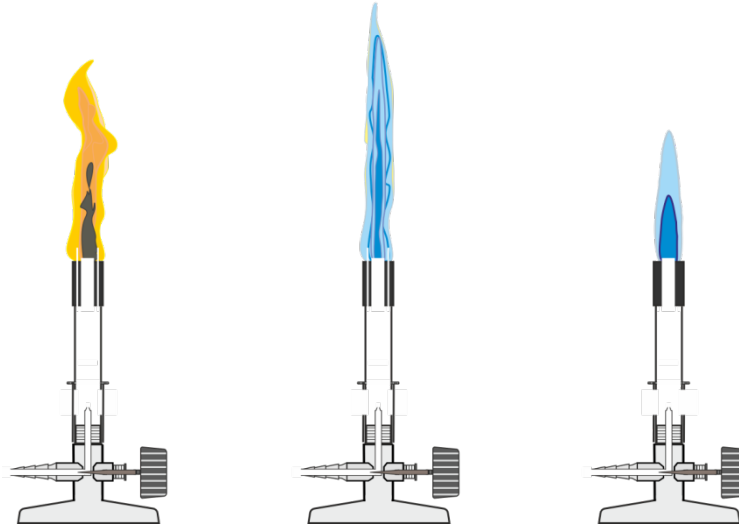


Abb.: 2 Flammentypen

Die leuchtende Flamme: Die Luftzufuhr ist geschlossen. Die zur Verbrennung nötige Luft kann deshalb erst oberhalb des Kamins von außen an das Gas gelangen. Da diese Luftmenge nicht ausreicht, um das einströmende Gas sofort vollständig zu oxidieren, leuchtet die Flamme gelb. Das Leuchten ist auf fein verteilten Kohlenstoff zurückzuführen, der im Flammenkern zwar zum Glühen kommt, aber wegen des Sauerstoffmangels erst in den Randzonen verbrennt. Aus diesem Grunde weist diese Flamme auch nur an den Rändern und an der Spitze hohe Temperaturen auf. Insgesamt ist die entstehende Wärmemenge gering. Das Brennverhalten ist sehr unruhig und von Luftbewegungen im Raum stark beeinflussbar.

Die nicht leuchtende Flamme: Die Luftzufuhr wird so weit geöffnet, bis das Leuchten der Flamme eben verschwindet. Die Flamme wird blau. Durch die dem Gas im Kamin zugemischte Luft verbrennt das Gas relativ gleichmäßig an allen Stellen. Die Flamme zeigt deshalb fast an allen Stellen eine gleichmäßige Temperatur. Diese Flamme ist heißer als die leuchtende Flamme; sie brennt wesentlich ruhiger und stabiler.

Die rauschende Flamme: Die Luftzufuhr ist weit geöffnet. Die rauschende Flamme zeigt deutlich zwei Zonen, wovon die innere kegelförmig und blau ist. Der heißeste Punkt dieser Flamme befindet sich knapp über der Kegelspitze der inneren Zone. Hier können Temperaturen um 1500° C erreicht werden. Das Brennverhalten ist stabil, die abgegebene Wärmemenge hoch.

rauschende Brennerflamme:

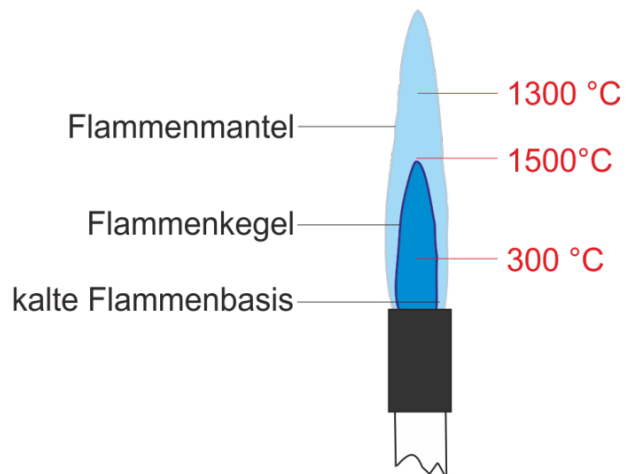


Abb.: 3 Temperaturzonen in der Brennerflamme

Bei zu geringer Strömungsgeschwindigkeit des Gases und bei zu großer Luftzufuhr kann bei dieser

Brennereinstellung die Flamme im Kamin zurückschlagen. Das Gas verbrennt jetzt direkt an der Ausströmöffnung, an der Düse. **Ein „durchgeschlagener Brenner“ muss sofort durch Schließen des Gashahnes abgestellt werden!** Der Brenner darf erst nach Schließen der Luftzufuhr erneut angezündet und einreguliert werden.

Zur einwandfreien Funktion muss ein Brenner auf die charakteristischen Eigenschaften des verwendeten Gases genau abgestimmt sein. In Abhängigkeit von der speziellen Brennstoffsorte ist in jedem Brenner ein bestimmtes Brennstoff-Luft-Verhältnis fest eingestellt. Daher ist z.B. ein „Stadtgasbrenner“ für den Betrieb mit Erdgas, Propan oder Butan völlig ungeeignet. Bei Umstellung der Gasversorgung müssen deshalb unbedingt die Brenner ausgetauscht und dem neuen Brenngas angepasst werden.

Gasbrenner sind grundsätzlich nur bei geschlossenem Luftregler zu zünden und zu löschen!

Entzünden der Flamme am Bunsen- oder Teclubrenner (Schrittfolge)

1. Für einen sicheren Stand des Brenners sorgen.
Er darf während des Betriebs weder verrutschen noch umfallen. Deswegen ist die spannungsfreie Lage des Gasversorgungsschlauches zu prüfen. Auf ausreichend Sicherheitsabstand nach allen Seiten, insbesondere nach oben, ist zu achten.
2. Prüfen, ob ein Hauptgashahn geöffnet werden muss.
3. Zündmittel (Feuerzeug, Gasanzünder, Streichhölzer o.ä.) bereitlegen.
4. Das Lufteinlassventil am Brenner nahezu schließen.
5. Handgashahn am Arbeitsplatz öffnen, Gas entzünden und sofort durch Drehen am Lufteinlassventil **eine stabile Flammenform einstellen**.
Die Flamme darf weder leuchten noch rauschen! Je nach Bauart muss evtl. noch die Gaszufuhr am Brenner vollständig geöffnet werden.

Löschen der Flamme am Bunsen- oder Teclubrenner

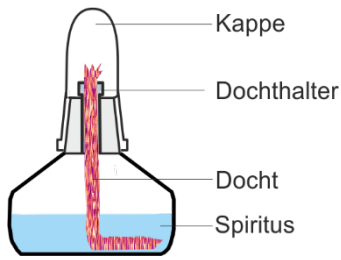
1. Durch Drehen am Lufteinlassventil eine stabile, nicht rauschend und nicht leuchtende Flamme einstellen.
2. Handgashahn am Arbeitsplatz schließen.
Je nach Bauart des Brenners kann es zweckmäßig sei, vorher noch die Gaszufuhr am Brenner zu schließen.

0.4.2. Weitere Brennerarten

An Schulen, die nicht an die kommunale Gasversorgung angeschlossen sind, haben sich **Propangasbrenner** gut bewährt. Sie werden mit sog. Flüssiggas aus einer Gasflasche betrieben.

Besonders handlich, weil nicht ortsgebunden, sind sogenannte **Kartuschenbrenner**, wie man sie z.B. auch beim Camping verwendet. Am Brenner befindet sich eine Kartusche (Büchse) mit Butanfüllung. Ist die Füllung verbraucht, wird die leere Kartusche durch eine neue ausgetauscht, wobei aus Sicherheitsgründen die Gebrauchsanleitung für den jeweiligen Brennertyp genau beachtet werden muss. Kartuschenbrenner **dürfen nur senkrecht betrieben werden**. Neigt oder schüttelt man den Brenner, kann flüssiger Brennstoff auslaufen und sich unkontrolliert entzünden, was zu schweren Unfällen führen kann.

In Schulen sind häufig **Spiritusbrenner** zu finden, die gut bei Schülerexperimenten eingesetzt werden können. Als Brennstoff wird Spiritus verwendet. Dieser wird durch den Einfüllstutzen eingefüllt. Fehlt der Einfüllstutzen, zieht man den Dochthalter heraus und befüllt durch die dadurch entstandene Öffnung.



Spiritusbrenner dürfen maximal bis zu Eichmarke gefüllt werden. Fehlt diese Marke, sollte der Füllstand noch unter der beginnenden Schräge enden (siehe Abb.).

Spiritusbrennen dürfen keinesfalls so lange betrieben werden, bis der gesamte Brennstoff aufgebraucht ist! Der Brennstoff ist rechtzeitig zu ergänzen.

Abb.: 4 Spiritusbrenner

Spiritusbrenner dürfen nur im gelöschten und abgekühlten Zustand (Zimmertemperatur) befüllt werden!

Ein entzündeter Spiritusbrenner darf keinesfalls durch Auspusten gelöscht werden, sondern nur durch Aufsetzen der Schutzkappe!

Spiritusbrenner **dürfen nur senkrecht betrieben werden**. Neigt oder schüttelt man den Brenner, kann flüssiger Brennstoff austreten und sich unkontrolliert entzünden; es kann sogar zu Verpuffungen kommen!

1. Zum Umgang mit Geräten und Chemikalien

1.1. Untersuchung der Temperaturzonen innerhalb der Brennerflamme

Geräte: Magnesiastäbchen oder Holzstäbchen (z.B. Schaschlik-Spieß), Gasbrenner

Durchführung:

- Gasbrenner vorschriftsmäßig entzünden (s. S. 16)
- Luftzufuhr betätigen und eine rauschende Brennerflamme einstellen.
- Holzstäbchen für etwa 2 Sekunden quer über die Schornsteinöffnung halten, aus der Flamme nehmen und evtl. entstehende Flammen sofort auspusten.
- Die Zonen der Verkohlung am Holzspan betrachten. Erklären.

- Das Holzstäbchen an derselben Stelle erneut in die rauschende Flamme halten, zügig bis zur Spitze des inneren Flammenkegels führen und dabei die Zonen der Verkohlung am Holzstab beobachten. Holzstab sofort aus der Flamme nehmen und die entstandene Flamme am Holz auspusten.
- Die Zonen der Verkohlung am Holzstäbchen betrachten. Erklären.



Abb.: 5 Untersuchen der Temperaturzonen

Hinweis:

Anstelle eines Holzstäbchens kann das Experiment auch mit einem Magnesiastäbchen durchgeführt werden. Vorteil dabei ist, dass die Temperaturzonen der Brennerflamme direkt an dem Magnesiastäbchen in der Flamme beobachtet werden können, weil das Magnesiastäbchen wesentlich länger in die Flamme gehalten werden kann.

1.2. Glasrohrbearbeitung

1.2.1. Zuschneiden und Trennen von Glasrohren

Achtung! Glasrohre und zylindrische Geräte immer rechtwinklig zur Tischkante ablegen, damit sie nicht unkontrolliert vom Arbeitstisch rollen können!

Zum Zuschneiden von Glasbiegerohr wird ein geeigneter Glasschneider benötigt. Es gibt viele unterschiedliche Typen, die jeweils eine spezifische Handhabung erfordern. Wie mit dem Glasschneider umzugehen ist, sollte deshalb bei der Ausleihe oder beim Kauf an Ort und Stelle erfragt und geübt werden. Mit einer Dreikantfeile, einer Ampullensäge oder einem Glasmesser aus Widia-Stahl ritzt man die Glasoberfläche des Rohres an. Wie lang die durch das Aufreißen der Glasoberfläche entstandene Kerbe sein muss, ist abhängig von der Art des Glasrohrschneiders.

Um nach dem Anritzen das Glasrohr an der vorgesehenen Stelle zu brechen, fasst man das Rohr mit beiden Händen so an, dass die Daumen in gleichmäßigem Abstand an der Gegenseite der Ritzstelle zu liegen kommen. Das Ritz-Mal sollte sich außen – vom Körper weg – befinden. Man bricht das Glasrohr nach außen weg, ähnlich, als ob man ein Stöckchen zerbrechen würde.

1.2.2. Rundschmelzen der Bruchkanten

Die Bruchkanten von Glasrohren sind sehr scharf. Um Verletzungen zu vermeiden und um Zerstörungen von Stopfen und Gummischläuchen zu verhindern, müssen die scharfen Kanten durch Schmelzen abgerundet werden.

Zu diesem Zweck hält man das Ende des Glasrohres unter ständigem Drehen in die heißeste Stelle der rauschenden Brennerflamme. Die Verschmelzung der Kanten beginnt, wenn die anfangs farblose Brennerflamme sich am Glas intensiv gelb färbt. Der Schmelzvorgang ist ständig zu kontrollieren und zum geeigneten Zeitpunkt zu beenden.

Das Glasbiegerohr wird zum Abkühlen auf eine isolierende, temperaturbeständige Unterlage (z.B. Holzbrett oder Drahtnetz) so abgelegt, dass die **heiße Zone des Glasrohrs möglichst frei in die Luft ragt** und nicht auf der Unterlage aufliegt. Zweckmäßigerweise sollte sich die heiße Zone immer am oberen Rand der Unterlage befinden. **Niemals heißes Glas auf den kalten Arbeitstisch legen!**

Das Glasrohr muss vor der weiteren Benutzung vollständig abkühlen!

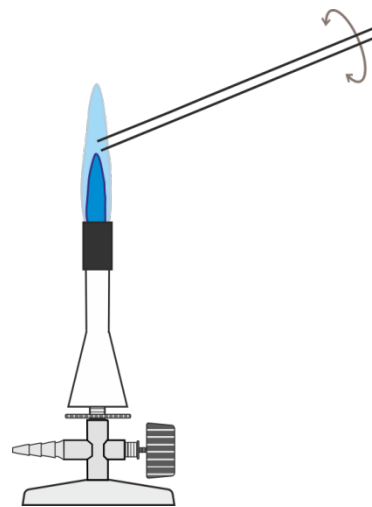


Abb.: 6 Rundschmelzen der Schnittkanten

1.2.3. Ziehen von Glasrohren, Herstellen von Pipetten

Um ein Glasrohr an einer gewünschten Stelle verjüngen zu können und dort einen geringeren Glasrohr-Durchmesser zu erreichen, muss es an der vorgesehenen Stelle bis zum Erweichen erhitzt werden. Dazu fasst man das Glasrohr mit beiden Händen an und hält es **unter ständigem Drehen** in den heißesten Punkt der rauschenden Brennerflamme. Es ist darauf zu achten, dass beide Hände gleichmäßig stark drehen, weil sonst eine Verschraubung des erweichenden Glases auftritt.

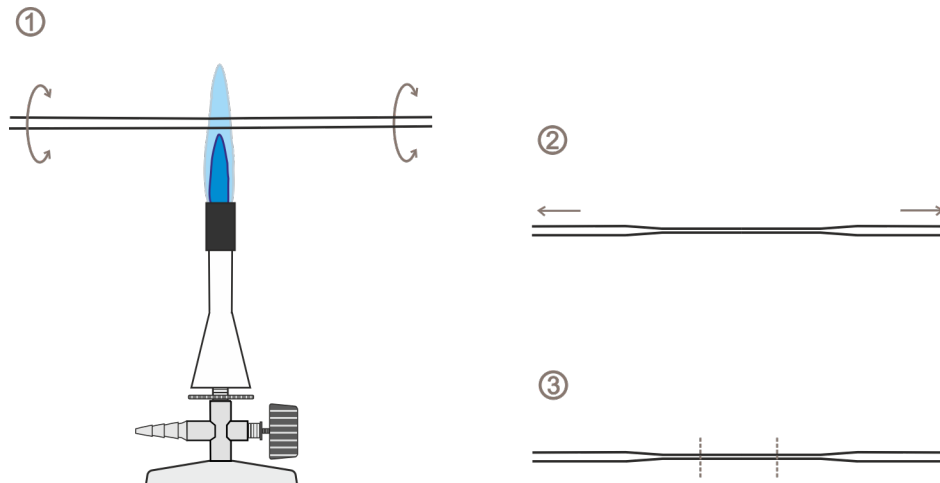


Abb.: 7 Ziehen von Pipettenspitzen

Hat das Glas einen plastischen Zustand erreicht, zieht man das Glasrohr mit beiden Händen auseinander und nimmt es dabei gleichzeitig aus der Flamme heraus.

Man lässt das Glasrohr noch wenige Sekunden senkrecht auspendeln, bis es wieder fest geworden ist und legt es dann zum Abkühlen auf einer hitzebeständigen Unterlage ab.

Nach dem vollständigen Auskühlen trennt man das gezogene Glasrohr an der gewünschten Stelle mit einem Glasschneider so ab, dass zwei Pipettenspitzen entstehen und rundet die scharfen Kanten eventuell durch kurzes Anschmelzen in der Brennerflamme. **Vorsicht, Öffnung nicht zuschmelzen!**

1.2.4. Biegen eines Glasrohres, Herstellen eines Winkelrohres

Das Glasrohr wird mit beiden Händen gehalten und in der heißen Brennerflamme unter gleichmäßigem Drehen an der Stelle erhitzt, an der es gebogen werden soll. Dabei wird es in der Flamme horizontal so hin und her bewegt, dass ein etwa 4 cm langer Bereich erweicht. (Ein Fischschwanzaufsatz auf dem Gasbrenner erleichtert das richtige Erhitzen des Glasrohres beträchtlich.) Das gleichmäßig erweichte Glas wird zunächst leicht angebogen, bis ein stumpfer Winkel erreicht ist. Anschließend erwärmt man mit der Brennerflamme einen der benachbarten Schenkel-Bereiche noch etwas intensiver und biegt dann das Glasrohr auf das gewünschte Winkelmaß.

Zum Abkühlen legt man das gebogene Glasrohr so auf eine hitzefeste Unterlage, dass der heiße Winkelbereich möglichst nicht auf der Unterlage aufliegt, sondern in die Luft ragt.

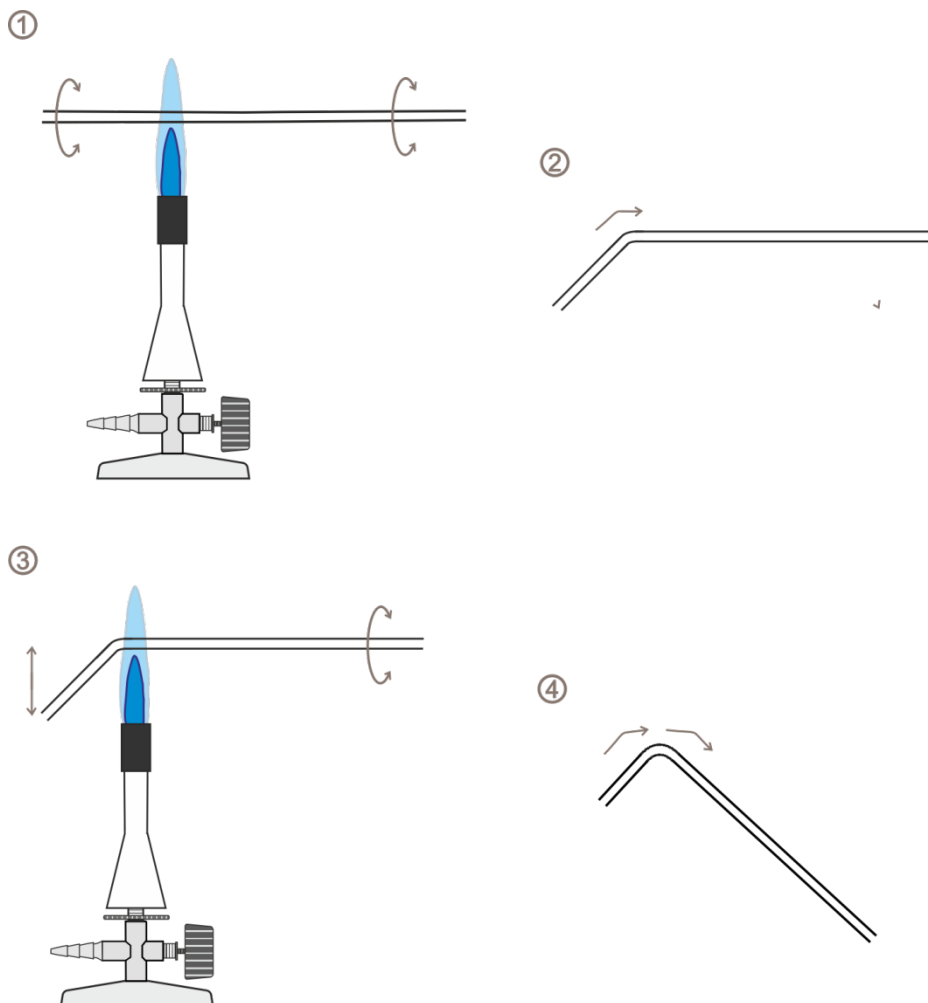


Abb.: 8 Biegen eines Glasrohrwinkels

1.3. Stopfenbearbeitung

Sollen Glasrohre oder andere Laborgeräte in Stopfen (z.B. aus Gummi, Silikonmaterial oder Kork) montiert werden, sind die Stopfen dafür passgenau zu bohren.

- ! Bei **Gummistopfen** sollte der Durchmesser des Bohrloches etwa **1 mm kleiner** sein als der einzuführende Gerätequerschnitt, um einen dichten Sitz zu gewährleisten.
- ! Bei **Korkstopfen** sollte das Bohrloch **genauso groß** sein, wie der Durchmesser des zu montierenden Gerätes.

Zum Bohren eines Stopfens verwendet man Stopfenbohrer. Stopfenbohrer sind Metallrohre, die an einer Seite messerscharf geschliffen sind. Am gegenüber liegendem Rohrende befindet sich ein Handgriff. Zweckmäßigerweise erwirbt man Stopfenbohrer nicht einzeln, sondern gleich als kompletten Bohrsatz mit Bohrern verschiedener aufeinander abgestimmter Durchmesser. Unbedingt notwendig ist ein Stopfenbohrerschärfer. Nur mit wirklich scharfen Bohrern können einwandfreie Bohrlocher geschnitten werden, die später die Dichtheit der Apparatur garantieren.

1.3.1. Schärfen eines Stopfenbohrers

- Das Schärfemesser aus dem Schärfen herausklappen.
- Den zu schärfenden Stopfenbohrer auf den Konus des Stopfenbohrerschärfers aufsetzen.
- Das Schärfemesser so weit herunterklappen, bis es den Stopfenbohrer berührt.
- Das Messer festhalten und unter Drehen von Stopfenbohrerschärfer und/oder Stopfenbohrer die Schneide des Stopfenbohrers neu anphasen. **Achtung, dabei nicht zu viel Druck ausüben!** Da die Stopfenbohrer oft aus einem weichen Buntmetall hergestellt sind, halten Sie möglicherweise dem Druck nicht stand und werden zerstört.

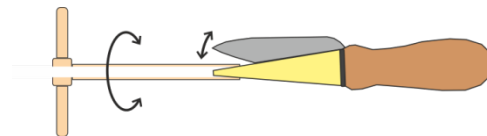


Abb.: 9 Schärfen eines Stopfenbohrers

1.3.2. Bohren eines Stopfens

1. Den zu bohrenden Stopfen mit der größtmöglichen Fläche nach unten auf ein Holzbrett stellen.
2. Den vorbereiteten Stopfenbohrer auf den Stopfen aufsetzen und durch Drehen und gleichmäßigem Druck senkrecht so lange durch den Stopfen treiben, bis die Schneide des Korkbohrers auf der gegenüberliegenden Stopfenseite vollständig zu erkennen ist. Es sollte durchaus ein wenig in das Holzbrett geschnitten werden, um saubere Schnittkanten zu erhalten.
3. Unter leichter Zugbewegung den Stopfenbohrer aus dem Stopfen herausdrehen und **sofort den Bohrkern aus dem Stopfenbohrer entfernen!** Dazu den im Inneren des Stopfenbohrersatzes befindlichen Dorn entnehmen, an der Griffseite in den benutzten Stopfenbohrer einführen und durch Druck den Bohrkern herausarbeiten.

Wichtiger Hinweis: Das Bohren von kompaktem Stopfenmaterial und das Bohren von Löchern in längeren Stopfen gelingt in der Regel nur, wenn vor dem Bohren die Schneide des Stopfenbohrers mit einem Gleitmittel (z.B. Glycerin) benetzt wird. Gegebenenfalls ist die Glycerin-Zugabe während des Bohrvorgangs mehrmals zu wiederholen.

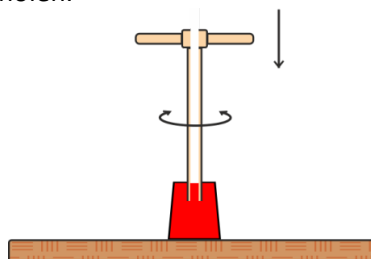


Abb.: 10 Stopfenbohren

1.3.3. Montage eines Stopfens

Vor dem Einführen in das Bohrloch feuchtet man das Glasrohr mit etwas Wasser - oder besser mit Glycerin - an und dreht es unter leichtem Druck durch die Bohrung. Um die Bruchgefahr zu minimieren, muss das Glasrohr dabei immer möglichst knapp am Stopfen angefasst werden. In Stopfen zu montierende Geräte **niemals gegen die Handfläche drücken! Es besteht sonst die Gefahr schwerer Verletzungen!**

Hinweis: Um Verletzungen vorzubeugen, sollte man Glasröhren beim Einführen in die Bohrung evtl. mit einem Lappen, einem Handschuh oder mit einem Spezialgriff aus Gummi anfassen.

1.3.4. Demontage eines Stopfens

Nach Gebrauch müssen die Glasrohre und Geräte **sofort** wieder aus den Stopfen entfernt werden, weil schon nach wenigen Tagen die Gummi-Glas-Verbindung so fest wird, dass eine Trennung nicht mehr möglich ist. Durch den Dauerdruck des Glases kann außerdem der Gummistopfen schon nach kurzer Zeit brüchig und damit unbrauchbar werden.

Auf Glasrohren festsitzende Gummistopfen lassen sich leichter entfernen, wenn man den Gummi etwas vom Glas nach der Seite hin abhebt und in den Spalt Glycerin oder Wasser gibt.

Notfalls kann man auch einen wasser- oder glycerinbefeuchteten Draht an mehreren Stellen zwischen Glas und Gummi schieben. Aufgrund der hohen Glasbruchgefahr ist dabei aber größte Vorsicht geboten!

2. Herstellung und Trennung von Stoffgemischen

2.1. Herstellung von Stoffgemischen

Geräte: Mörser mit Pistill, 1 Spatellöffel, 1 Glasstab, 1 Becherglas (250 ml)

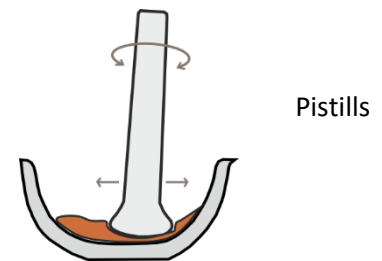
GHS01	GHS02	GHS03	GHS04	GHS05	GHS06	GHS07	GHS08	GHS09

Chemikalien: Sand, Methylrot, Natriumchlorid, Wasser

Durchführung:

2.1.1. Herstellung eines Feststoffgemisches

- In den Mörser 2 Spatellöffel voll Sand mit einer Spatelspitze Methylrot verreiben.
- Das Stoffgemisch, den Boden der Reibschale und die Reibfläche des betrachten und beschreiben.



Pistills

Abb.: 11 Stoffgemisch mörsern

2.1.2. Herstellung einer Lösung

- In ein Becherglas 1 Spatellöffel voll Natriumchlorid (Kochsalz) geben.
- Mit ca. 100 ml Wasser auffüllen.
- Mit dem Glasstab gut umrühren.
- Stoffgemisch betrachten und beschreiben.

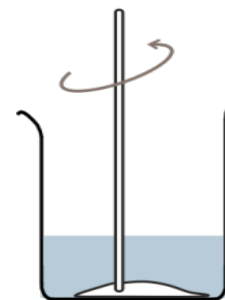


Abb.: 12 Herstellen einer Lösung

2.1.3. Herstellung einer Aufschlämmung

- Das Feststoffgemisch aus Experiment 2.1.1. in die im Experiment 2.1.2. hergestellte Lösung geben.
- Mit dem Glasstab gut umrühren.
- Das Stoffgemisch betrachten:
 - den Boden des Becherglases,
 - die Flüssigkeit,
 - die Flüssigkeitsoberfläche.
- Beschreiben und erklären.

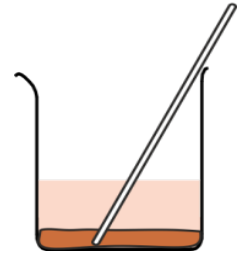


Abb.: 13 Herstellen einer Aufschlämmung

2.2. Trennung von Stoffgemischen durch geeignete Trennverfahren

Geräte: Rundfilter, Trichter, Stativmaterial, Filtriergestell, Bechergläser (250 ml) mit Skalierung;

Destillierkolben (ca. 100 ml) mit passendem Vollstopfen, Schlauchverbindungsstück, Glaswinkelrohr, Abdampfschale, 1 Becherglas (250 ml), 1 Becherglas (100 ml), Pipette, Papier-Küchentuch, Korkunterlagen, Gasbrenner; Objektträger, Holzbrettchen

Chemikalien: Stoffgemisch aus Experiment 2.1.3., Siedesteine

Durchführung:

Abtrennen eines nicht gelösten Feststoffes aus einer Flüssigkeit durch Dekantieren und Filtrieren

2.2.1. Dekantieren

Prinzip: Eine Flüssigkeit wird von einem darin unlöslichen Feststoff getrennt, indem die überstehende Flüssigkeit vorsichtig vom Bodensatz dekantiert wird.

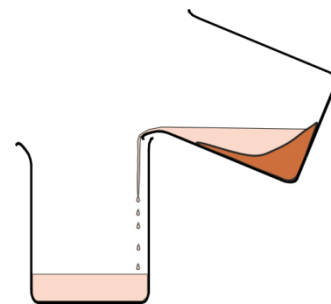


Abb.: 14 Dekantieren

2.2.2. Filtrieren

Prinzip: Eine Flüssigkeit wird von einem darin unlöslichen Feststoff aufgrund seiner relativ großen Korngröße getrennt.

Falten eines Kegelfilters:



Abb.: 15 Falten eines Kegelfilters (Quelle: Meyendorf, Gerhard. *Chemische Schulexperimente*. Frankfurt/Main Verlag Harri Deutsch - Thun, 1983. Bde. Band 1 - Geräte, Chemikalien und Arbeitstechniken. ISBN 3-87144-485-5).

Falten eines Faltenfilters:

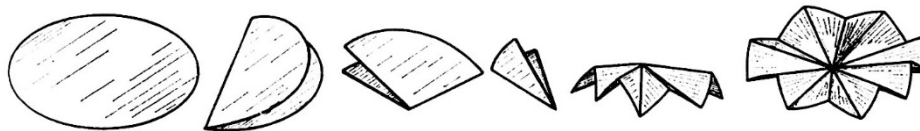


Abb.: 16 Falten eines Faltenfilters (Quelle: Meyendorf, Gerhard. *Chemische Schulexperimente*. Frankfurt/Main: Verlag Harri Deutsch - Thun, 1983. Bde. Band 1 - Geräte, Chemikalien und Arbeitstechniken. ISBN 3-87144-485-5).

Filterkuchen: Durch Filtration abgetrennter, nicht gelöster *Feststoffanteil* eines Stoffgemisches mit deutlicher Korngröße.

Filtrat: Durch Filtration abgetrennter, *flüssiger Anteil* eines Stoffgemisches. Das Filtrat kann durchaus wieder ein Gemisch verschiedener Flüssigkeiten und evtl. darin gelöster Feststoffe sein, aber auch ein reiner Stoff.

- Gewinnen Sie den im Stoffgemisch aus Experiment 2.1.3. enthaltenen Sand durch Filtrieren zurück!
- Welche Eigenschaft besitzt der Sand und nur der Sand, so dass Sie ihn durch Filtrieren aus dem Stoffgemisch abtrennen können? Erklären Sie, warum Sie nur den Sand durch Filtration aus dem Gemisch entfernen können!



Abb.: 17 Filtration

2.2.3. Destillieren

Destillieren

Prinzip: Eine Flüssigkeit wird aus einem Flüssigkeitsgemisch deshalb abgetrennt, weil die einzelnen Flüssigkeitsbestandteile unterschiedlich hohe Siedepunkte haben. Es wird zunächst immer der Stoff zurückgewonnen, der von allen Komponenten den niedrigsten Siedepunkt besitzt.

Destillat: Durch Destillation abgetrennte Flüssigkeit aus einem flüssigen Stoffgemisch. Das Destillat ist meistens ein Reinstoff.

Destillationsrückstand: Restliches, noch nicht aufgearbeitetes flüssiges Stoffgemisch.

Achtung! Es muss in der Destillationsapparatur immer ein Destillationsrückstand verbleiben; es darf niemals bis zur Trockene destilliert werden!

- Gewinnen Sie einen Teil des im Experiment 2.1.3. eingesetzten Wassers zurück, indem Sie das Filtrat destillieren!
- Welche Eigenschaft besitzt das Wasser und nur das Wasser, so dass Sie es durch Destillation aus dem Stoffgemisch abtrennen können? Erklären Sie, warum Sie als Destillat das reine Wasser erhalten!

Aufbau einer Destillationsapparatur

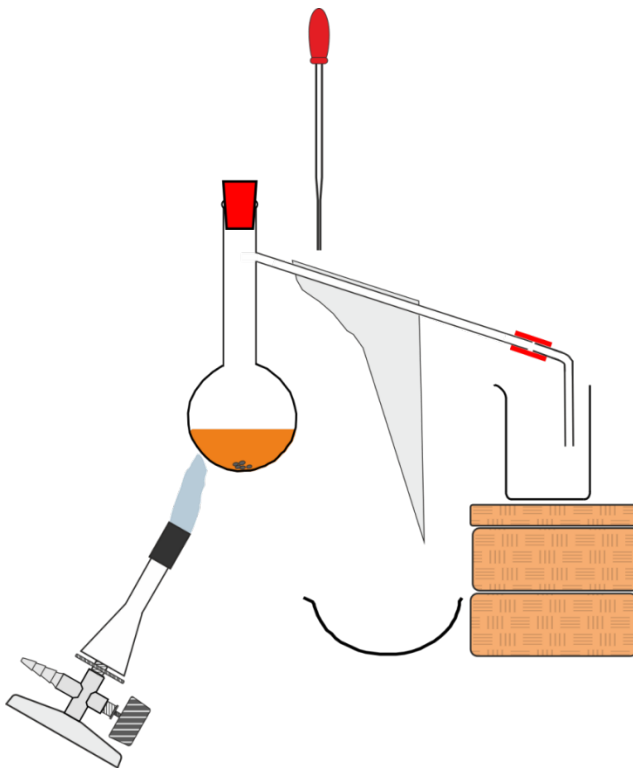


Abb.: 18 Einfache Destillation

2.2.4. Eindampfen

Prinzip: Ein Feststoff wird aus einer Lösung abgetrennt, indem die Lösung bis nahe dem Siedepunkt der Flüssigkeit erwärmt wird. Das flüssige Stoffgemisch verdampft bis zur Trockne des darin enthaltenen Feststoffes.

schulthaugliche Variante

– Gewinnen Sie das im Filtrat enthaltene Kochsalz durch Eindampfen zurück!

– Am Brenner eine stabile, nicht rauschende, nicht leuchtende Brennerflamme einstellen (evtl. ist auch die Sparflamme des Brenners nutzbar).

– Einen blank geputzten Objektträger mit Daumen und Zeigefinger anfassen.

– Auf die gegenüberliegende Seite mittels Pipette 1 Tropfen der einzudampfenden Lösung geben und mit der Pipette etwas breiter verwischen. Die benetzte Stelle des Objektträgers so lang durch eine kreisförmige Bewegung bzw. über die Flamme ziehen, bis die Flüssigkeit völlig verdampft ist. Dabei den Objektträger nur in ganz kurzen Intervallen durch die Flamme bewegen, meistens außerhalb der Flamme verharren! Die Finger dürfen keinesfalls Wärme fühlen!

– Den Objektträger anschließend auf eine wärmeisolierende Unterlage (z.B. Holzbrettchen) ablegen.

– Den Objektträger betrachten und beschreiben.

– Erklären Sie, warum Sie das Kochsalz durch Eindampfen aus dem Filtrat gewinnen können!

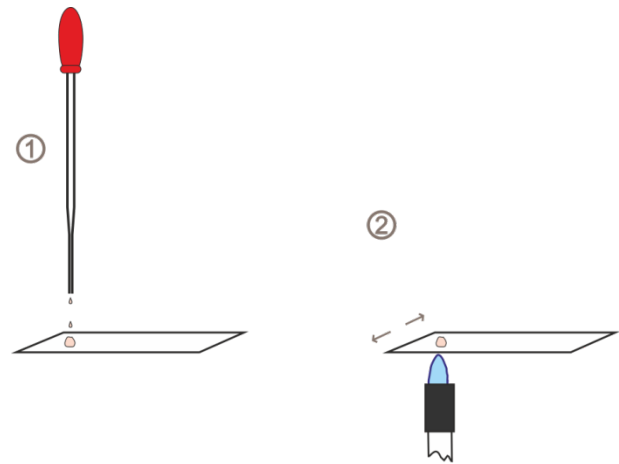


Abb.: 19 Eindampfen auf Objektträger

Abschließender Hinweis:

Prinzipiell kann auch das im Stoffgemisch aus Experiment 2.1.3. enthaltene Methylrot wieder zurückgewonnen werden. Dazu wird das im Experiment 2.2.2. erhaltene Filtrat in einem sogenannten Schüttel- oder Scheidetrichter mit einem Lösungsmittel geschüttelt. Dieses Lösungsmittel muss so gewählt werden, dass sich einerseits darin das Methylrot besser löst als im vorhandenen Lösungsmittel Wasser; andererseits darf sich dieses Lösungsmittel aber möglichst nicht mit dem Wasser mischen. Ein solches Lösungsmittel könnte z.B. Butanol sein. Würde das methylrothaltige, wässrige Filtrat mit Butanol geschüttelt, ginge der Farbstoff aus dem Wasser in das Butanol über, das Wasser würde sich entfärben. Die farbige Butanol-Lösung würde sich als Phase über dem Wasser ablegen. Beide Phasen könnten dann getrennt voneinander abgelassen und so isoliert werden.

Dieses Trennverfahren heißt **Extrahieren**.

Wenn Sie z.B. Kaffeemehl oder Teekräuter mit kochendem Wasser auslaugen, um sich Kaffee oder Tee zu bereiten, extrahieren Sie zu Hause auch.

Um das reine Methylrot zu erhalten, müsste das Butanol schließlich nur noch verdampft oder destilliert werden.

Im Praktikum wird diese langwierige Prozedur nicht mehr durchgeführt (siehe auch Gefahrstoffverordnung).

3. Mülltrennung

3.1. Modellexperiment: Trennung von Kunststoffen

Material: Schere, 3 große Bechergläser, 3 Glasstäbe, NBR (Nitrilhandschuhe), PP (Strohhalme), PET (Plastiktrinkflaschen)



Chemikalien: Demineralisiertes Wasser, Leitungswasser, Kochsalz

Durchführung:

- Von den Stoffen NBR, PP und PET werden je drei ca. 0,5 cm großes, quadratisches Stück abgeschnitten (die unterschiedlichen Kunststoffstücke sollten möglichst gleich groß sein).
- in jedes Becherglas wird eine Probe von NBR, PP und PET gegeben und in Becherglas 1 mit 600 mL demin. Wasser, in Becherglas 2 mit 600 mL Leitungswasser und in Becherglas 3 mit 600 mL gesättigter Kochsalzlösung aufgefüllt.
- Notieren Sie Ihre unterschiedlichen Beobachtungen.
- Dokumentieren Sie das Versuchsergebnis gerne auch durch Fotos.

Hinweis zur Auswertung:

Verschiedene Kunststoffe haben unterschiedliche Dichten.

NBR: 1,2 g/cm³

Polypropylen: 0,92 g/cm³

PET: 1,38 g/cm³

Die Dichte von demineralisiertem Wasser: 1 g/cm³

Entsorgung: Flüssigkeiten durch ein Sieb in den Ausguss gießen und so die Kunststoffreste im Sieb auffangen und im Restmüll entsorgen.

Typ: http://www.sinus-transfer.de/fileadmin/MaterialienBT/Leipzig/Kunststoffe_trennen.pdf

3.2. Modellexperiment: Kunststoffe recyceln

Geräte: Brenner, Reagenzgläser, Metallblech oder Gießformen aus Eisen oder Aluminium, Holzstab, Reagenzglasklammer

GHS01	GHS02	GHS03	GHS04	GHS05	GHS06	GHS07	GHS08	GHS09

Chemikalien: sortenreine Kunststoffproben aus Polyethen (PE), PET, Polypropen (PP)

Durchführung:

- Sortenreine, **kleine** Kunststoffstücke ca. 5 cm hoch in ein Reagenzglas füllen.
- Vorsichtig mit dem Brenner erhitzen bis der Inhalt geschmolzen ist (nicht-leuchtende Flamme verwenden).
- Mit dem Holzstab in die geschmolzene Masse eintauchen und wieder herausziehen

Entsorgung: Reste verwerfen.

3.3. Modellexperimente: Papierherstellung und Papierrecycling

Geräte: Pro Papiersorte: 1 Wanne (ca. 8-10 l Fassungsvermögen), 1 Kunststoffeimer (5 l Fassungsvermögen), 1 Handmixer mit Pürierstab, 1 Kunststoffkrug oder Topf zum Wasserschöpfen, 1 Schwamm, 1 Schöpfrahmen (ersatzweise lässt sich ein Stickrahmen mit eingespanntem Gardinentüll verwenden), dicke, saugfähige Lappen (z.B. Bodentücher) als Bügelunterlage, 1 Stück Gardinentüll oder Fliegengitter (das größer als das zu schöpfende Papierblatt sein muss), 1 Flasche oder 1 Nudelholz, 1 Bügeleisen; außerdem: evtl. Büroklammer-Draht für die Anfertigung eines Wasserzeichens

GHS01	GHS02	GHS03	GHS04	GHS05	GHS06	GHS07	GHS08	GHS09

Chemikalien: Altpapier (am besten: Druckerpapierabfall), warmes Wasser; außerdem: evtl. Gewürze (z.B. Zimt, Paprikapulver, Pfefferminztee, Blüten-Potpourri o.ä. zur Modifizierung des Papiers)

Durchführung:

Vorbereitung des Papierbreis (Papierpulpe)

- Etwa 10 Bogen Abfallpapier (am besten weißes Druckerpapier, 80g/m) in etwa 1€-große Stücke reißen und in den kleinen Eimer geben.
(Von der Verwendung von Zeitungspapier wird aufgrund der enormen Verschmutzung durch die darin enthaltene Druckerschwärze abgeraten!)
- Die Papierschnipsel mit heißem Wasser (ca. 60-80°C) bedecken.
(Die Temperatur des Wassers, wie es gewöhnlich aus einem Heißwasserhahn kommt, reicht aus. Prinzipiell könnte auch kaltes Wasser verwendet werden; evtl. ist dann aber eine Einweichzeit notwendig, bis die Pulpe bereit werden kann.)
- Einen Krug mit kaltem Wasser bereitstellen.
- Das Papier-Wasser-Gemisch mit dem Pürierstab gut durcharbeiten, bis ein homogener, gleichmäßiger, klumpenfreier, supziger Brei entstanden ist. Dabei immer wieder Wasser zugießen, um eine flüssige Konsistenz zu bewahren.
- Damit der Pürierstab nicht verklebt, wird er schließlich im Krug unter Wasser mehrmals kurz betätigt und so von allen anhaftenden Pulpe-Resten befreit.

Einrichten des Trockenplatzes

- Dicke, saugfähige Lappen (Scheuertücher, Handtücher, o.ä.) faltenfrei auf dem Tisch ausbreiten.
- Möglichst einen saugstarken Schwamm und ggf. ein Nudelholz (ersatzweise eine große Flasche, z.B. Weinflasche) bereitlegen.
- Bügeleisen einschalten. Als Bügeltemperatur ist zunächst die Einstellung „Wolle“ zu wählen. Gegebenenfalls kann später nachreguliert werden.

Montage des Schöpfsiebs

- Ist ein Schöpfrahmen vorhanden, dann das Rahmenunterteil mit dem *Gittermaterial nach oben* halten und das passende Rahmenoberteil auflegen.
- Soll zum Papierschöpfen ein Stickrahmen benutzt werden, dann ein passendes Stück Tüllgardine oder ein Stück anderen siebartigen Stoff stramm einspannen.

Papierherstellung

- Eine als Schöpfbütte geeignete Schüssel oder Wanne etwa zur Hälfte mit handwarmem Wasser füllen.
- Den Papierbrei darin **portionsweise** aufschwemmen. Zur Portionierung kann beispielsweise eine Kaffeetasse dienen.
- **ACHTUNG, den Brei nicht zu dick anrühren! Er muss noch, wie Wasser aussehen,** der Ungeübte würde ihn für viel zu dünn halten! Vor dem ersten Schöpfversuch befürchtet man stets, aus dieser wässrigen Brühe könnten nie und nimmer Blätter entstehen. Diese Angst ist jedoch unbegründet. Mit gespreizten Fingern immer wieder durch die Schöpfbrühe fahren, um die Papierfasern in Schwebelage zu bringen. Jetzt können in den Papierbrei auch Gewürze eingemischt werden.
- Das montierte Schöpfsieb (**Rahmenoberteil mit dem Blindrahmen nach oben!!**) in die aufgerührte Faserbrühe einführen, am Boden der Wanne in waagerechte Lage bringen und langsam parallel zur Wasseroberfläche aus der Flüssigkeit heben. **Nicht rütteln!** Das Wasser ablaufen lassen, ggf. Wasser von der Schöpfsieb-Unterseite mittels Schwamms absaugen.
- Wurde ein Schöpfrahmen verwendet, den oberen Blindrahmen abnehmen, das anhaftende Papier auf die saugfähige Unterlage drücken und vom Netztuch lösen.
- Wurde ein Stickrahmen verwendet, das Netztuch **mit** dem anhaftenden Papier auf der saugfähigen Unterlage aus dem Stickrahmen lösen.
- Die Papierfasern mit einer Hälfte des saugfähigen Tuches oder einem zweiten Tuch bedecken und das überschüssige Wasser durch darüber Rollen des Nudelholzes oder einer Flasche herauspressen.
- Den am Tuch haftenden Faserkuchen durch Bügeln trocknen, dabei **das Papier immer mit einem Tüll oder Gittertuch bedecken**. Das Papier niemals in direkten Kontakt mit der Sohle des Bügeleisens bringen!
Wenn zum Schöpfen ein Stickrahmen verwendet wurde, löst man das papiertragende Netztuch erst nach dem vollständigen Trocknen des Papiers ab.

Herstellung von Papier mit „Wasserzeichen“

- Draht zu einer beliebigen Form biegen. **Achtung, der Draht muss dabei absolut eben sein, sonst entstehen später im Papier Löcher!**
- Den Schöpfrahmen wie gewohnt in die Schöpfbütte eintauchen. Wenn er sich am Boden der Schöpfbütte befindet, den Formdraht auf das Schöpfsieb legen und das Papier wie gewohnt schöpfen.
- Das Papier zusammen mit dem Formdraht trocken bügeln, erst danach den Formdraht vorsichtig entfernen und zum Schluss das Papierblatt noch einmal überbügeln.

Hinweis:

Sauber arbeiten. Schöpfsieb und Blindrahmen nach jedem Einsatz gründlich mit Wasser reinigen, um anhaftenden Papierleim zu entfernen.

Sind die Bügelunterlagen zu nass geworden, müssen sie immer wieder durch trockene ersetzt werden.

Die Sohlen der Bügeleisen von Zeit zu Zeit von anhaften Papierfasern befreien. Dazu die lauwarmer Bügelsohle mit einem feuchten Scheuerschwamm aus Kunststoff abreiben. **Vorsicht, Verbrennungs- und Verbrühungsgefahr durch Wasserdampfbildung!**

Entsorgung:

Die Reste der Papierpulpe und der Schöpfbrühe portionsweise durch ein Sieb gießen und gründlich ablaufen lassen; zum Schluss evtl. noch mit der Hand ausdrücken. Die so abgetrennten Papierreste können in die Mülltonne gegeben werden. Das von den Papierfasern befreite Wasser kann in den Abfluss gegeben werden. **Keinesfalls die Papierpulpe oder die Schöpfbrühe in den Abfluss geben, Verstopfungsgefahr!**

3.4. Papierchromatografisches Trennen

Geräte: je Probe 1 Porzellanschale, rundes Filterpapier (der Blattdurchmesser muss größer sein als der Durchmesser der Porzellanschale), Korkbohrer, Holzbrett, Schere, Bleistift (Achtung, andere Stifte funktionieren nicht!)

GHS01	GHS02	GHS03	GHS04	GHS05	GHS06	GHS07	GHS08	GHS09

Chemikalien: Faserschreiber (dunkle, kräftige Farben, am besten braun oder schwarz), Leitungswasser

Durchführung:

Achtung, sauber und trocken arbeite! Das Filterpapier darf zunächst nicht nass werden!

- Auf rundem Filterpapier den Mittelpunkt markieren und mit dem größten Korkbohrer ausstechen. **Dabei ein Holzbrett unterlegen!**
- Mit Bleistift(!) um das erhaltene Loch in ca. 1 cm Abstand einen Kreis zeichnen; anschließend an den äußeren Blattrand den Namen der/des Experimentierenden schreiben.
- Nun den mit Bleistift gezogenen Kreis mit Faserschreiber deutlich nachzeichnen.
 - Es kann der gesamte Kreis in einer Farbe nachgezogen werden, es können aber auch Sektoren in unterschiedlichen Farben gezeichnet werden.
 - Welche Farbe verwendet wurde, ist anschließend mit Bleistift (!) zwischen dem Loch und dem Kreisbogen zu notieren.
- Ein rechteckiges Stück Filterpapier (Seitenlänge ca. 4x8 cm), mit Hilfe des Bleistifts zu einer ca. 4 cm langen Röhre aufrollen und rutschfest in das zentrale Loch des Rundfilters stecken.
- Die Porzellanschale vorsichtig mit Leitungswasser füllen, so dass der obere Rand trocken bleibt. Die Schale dann an einem sicheren, ruhigen Ort aufstellen und nicht mehr bewegen.
- Den vorbereiteten Rundfilter so auf die Porzellanschale auflegen, dass die Papierröhre in das Wasser hineinragt. **Nun nicht mehr bewegen!**
- Etwa 3 Minuten lang dauerhaft beobachten, dann unter gelegentlicher Beobachtung halten.
- Wenn die Farbfront etwa fingerbreit vom äußeren Rand des Rundfilters entfernt ist, die Papierröhre entfernen und verwerfen. Den Rundfilter zum Trocknen an einer gut belüfteten Stelle ablegen.
- Die Farbverläufe betrachten, werten und dokumentieren. Den Rundfilter als Beleg ins Laborjournal aufnehmen (als Foto oder als solches)

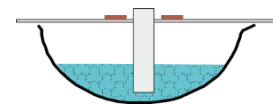


Abb.: 20 Papierchromatografie

Entsorgung: Reste verwerfen.

3.5. Geheimschrift mit Zitronensaft

Geräte: Schreibfeder im Federhalter, Kerze, Schreibpapier, Schüssel, Becherglas (25 ml); außerdem: Haarfön, Schere, großes Sieb, große Schüssel

GHS01	GHS02	GHS03	GHS04	GHS05	GHS06	GHS07	GHS08	GHS09

Chemikalien: Zitronensaft, Leitungswasser

Durchführung:

- Die Schüssel mit Leitungswasser füllen und für Löschzwecke griffbereitstellen.
- In das Becherglas (25 ml) 0,5-1 cm hoch Zitronensaft einfüllen.
- Mit Schreibfeder und Zitronensaft einen Text auf das Papier schreiben.
- Das Geschriebene trockenföhnen.
- Die Kerze entzünden und das Papier mit der unbeschriebenen Seite nach unten so lange über der Kerzenflamme hin und her bewegen, bis die Schrift sichtbar wird. **Achtung, das Papier darf weder anrußen noch Feuer fangen!** Sollte es dennoch in Brand geraten, das Papier sofort in die bereitstehende Schüssel mit Wasser eintauchen.
- Wenn die Papier-Rückseite nicht zu stark verrußt ist, den Geheimbrief als Beleg ins Protokoll übernehmen; ist das Papier zu stark verrußt, den Brief in den Papierkorb werfen.

Hinweis:

Das Sichtbarmachen der Geheimschrift gelingt möglicherweise besser, wenn man das Papier über ein brennendes Teelicht hält, das sich in einem Glasbecher befindet. Man sollte aber stets ein Stabfeuerzeug bereithalten, da die Kerze dabei sehr leicht erlischt.

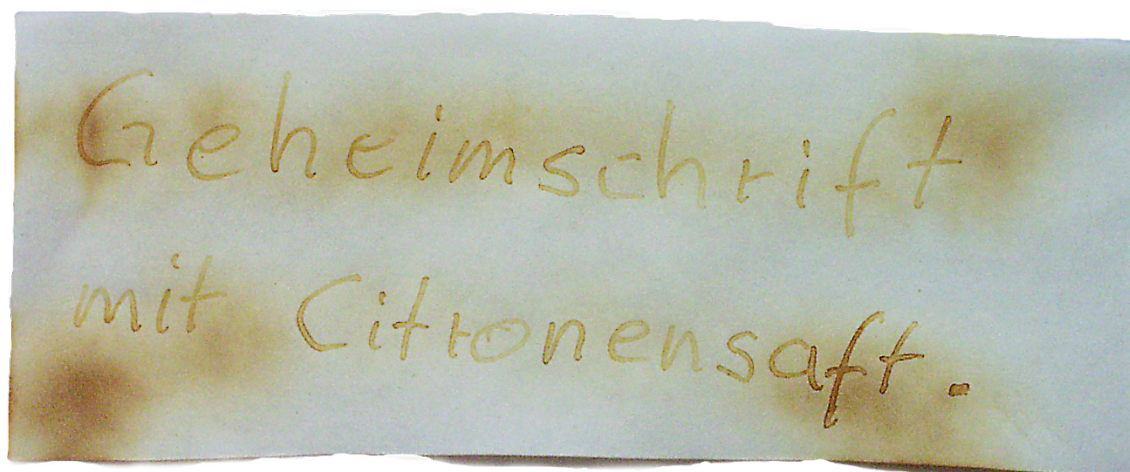


Abb.: 21 Geheimschrift (Foto H. Barth; 2001)

Entsorgung: Reste verwerfen.

4. Ohne Wasser, merkt Euch das, wär' unsre Welt ein leeres Fass

4.1. Erläuterungen wichtiger Begriffe zur Bestimmung der Wassergüte

Temperatur

In der gemäßigten Klimazone Europas haben Fließgewässer im Winter zumeist Temperaturen in der Nähe des Gefrierpunktes. Im Sommer steigen die Wassertemperaturen mit zunehmender Entfernung vom Quellgebiet an und erreichen nach längerer Fließzeit unter natürlichen Bedingungen Werte bis ca. 26°C, selten mehr. Gewässertemperaturen werden insbesondere durch den Eintrag von Kühlwasser oder durch warmes Abwasser aus Gewerbegebieten und Siedlungsräumen erhöht.

Viele biologische, chemische und physikalische Vorgänge im Wasser sind temperaturabhängig. Ebenso werden Wechselwirkungen zwischen Wasser und Untergrund, Schwebstoffen und Sedimenten sowie zwischen Wasser und Atmosphäre (Verdunstung) durch die Temperatur beeinflusst.

Der im Wasser *gelöste* Sauerstoff ist die Basis alles tierischen Lebens im Wasser; der im Wasser fest gebundene Sauerstoff (H_2O) steht nicht zur Verfügung. Dieser lebenswichtige, gelöste Sauerstoff gelangt entweder durch die Photosyntheseprozesse der Wasserorganismen in das Wasser oder wird an Stellen heftiger Wasserbewegungen (z.B. Wasserfälle, Stromschnellen, Wellen- und Wirbelbildungen) in das Wasser eingemischt.

Da die Löslichkeit von Sauerstoff in Wasser mit steigender Wassertemperatur abnimmt, können kritische Werte für die Lebensfähigkeit der Wasserorganismen insbesondere bei Sommertemperaturen erreicht werden.

pH-Wert

Der pH-Wert natürlicher Fließgewässer liegt in der Nähe des Neutralpunktes $\text{pH}=7$. Bei kalkarmen Gewässern schwankt er zwischen 6 und 7, bei kalkhaltigen Gewässern zwischen 7 und 8,5. In Moorgewässern liegt der pH-Wert zwischen 5 und 6,5. Extrem niedrige und hohe pH-Werte rufen Fisch- und Kleintiersterben hervor. Eine starke Herabsetzung des pH-Wertes (z.T. unter $\text{pH}=4$) kann in kalkarmen Fließgewässern durch „sauren Regen“ und Schneeschmelzen hervorgerufen werden. Dagegen wirken die meisten Abwassereinleitungen aufgrund ihrer stofflichen Zusammensetzung (Ammoniumanteil!) den Versauerungseffekten entgegen. Darüber hinaus kann auch die Kohlensäureaufnahme von Wasserpflanzen bei der Photosynthese tagesrhythmische Erhöhungen des pH-Wertes bis auf Werte über 10 bewirken.

Leitfähigkeit

Da die elektrische Leitfähigkeit wässriger Lösungen abhängig ist vom ihrem Ionengehalt, kann sie als Maß für den Gesamtsalzgehalt eines Wassers herangezogen werden. Je höher der Salzgehalt eines Wassers ist, desto höher ist auch seine elektrische Leitfähigkeit. Auf diese Weise lassen sich salzarme und salzhaltige Wässer voneinander unterscheiden, ohne einen Geschmackstest machen zu müssen, was insbesondere bei mikrobiell und schadstoffbelasteten Wässern von enormer Wichtigkeit ist.

Chlorid

Chlorid-Ionen kommen entsprechend der geologischen Verhältnisse in allen natürlichen Wässern in sehr unterschiedlichen Konzentrationen vor. Eine grundlegende Chlorid-Quelle sind die im Boden vorkommenden Salze. In den meisten Fällen liegt der natürliche Chloridgehalt von Wasser unter 20 mg/l. Außerordentlich hohe Chloridkonzentrationen können durch die Nähe zu Salzlagerstätten oder durch die Einmischung von Meerwasser entstehen. Anthropogene Erhöhungen der Chloridkonzentration beruhen auf häusliche und industrielle Abwassereinleitungen sowie auf der Verwendung von Streusalz.

Hohe Chloridwerte beeinflussen die Gewässerflora und -fauna nachhaltig. Bei Chloridwerten über 200 mg/l treten hinsichtlich der landwirtschaftlichen Nutzung und hinsichtlich der Trinkwasserversorgung Probleme auf.

Biochemischer Sauerstoffbedarf (BSB)

Der BSB gibt an, wieviel Sauerstoff in einer bestimmten Zeit (z.B. innerhalb von fünf Tagen =BSB₅) unter konstanten Bedingungen (bei 20°C und Dunkelheit) von den im Wasser lebenden Organismen für die Oxidation der in der Wasserprobe vorhandenen abbaubaren Substanzen verbraucht wird. Der BSB ist deshalb ein Maß für die Nährstoff-Belastung eines Gewässers, insbesondere für die Belastung des Sauerstoffhaushalts dieses Gewässers. Gewässer mit einem hohen BSB-Wert sind also stark nährstoffbelastet.

Chemischer Sauerstoffbedarf (CSB)

Mit dem CSB wird der Sauerstoffbedarf ermittelt, der für die chemische Oxidation der im Wasser enthaltenen oxidierbaren Stoffe unter festgelegten Bedingungen notwendig ist. Bei der Bestimmung des CSB mit starken Oxidationsmitteln (z.B. Kaliumpermanganat oder Kaliumdichromat) werden auch biologisch schwer oder kaum abbaubare Stoffe erfasst. Beim CSB handelt es sich deshalb um einen Summenparameter, der keine Rückschlüsse auf die Herkunft der oxidierbaren Stoffe zulässt. Hohe CSB-Werte können durch anthropogene Stoffeinträge, aber auch durch hohe Gehalte an biologischen Substanzen - hier vor allem durch Huminstoffe - hervorgerufen sein, sodass diese Messgröße bei der Gewässerüberwachung häufig keinen sicheren Hinweis auf einen anthropogenen Eintrag oxidierbarer Substanzen in das Gewässer liefert. Letzterer lässt sich zuverlässig nur durch gezielte Einleitungsüberwachung (Emissionskontrolle) ermitteln.

Gelöster, organisch gebundener Kohlenstoff (DOC, dissolved organic carbon)

Mit der Messgröße DOC wird der Kohlenstoffanteil der im Wasser gelösten organischen Stoffe bestimmt. Wie der CSB, so lässt auch dieser Summenparameter keine Rückschlüsse auf die Zusammensetzung oder die Herkunft der Kohlenstoffverbindungen zu. Diese können sowohl durch anthropogene Einträge als auch durch den Eintrag von Huminstoffen natürlichen Ursprungs hervorgerufen sein.

Orthophosphat-Phosphor (o-PO₄³⁻, -P) und Gesamt-Phosphor (ges.-P)

Der Haupteintrag von Phosphorverbindungen in die Gewässer erfolgt durch häusliche und industrielle Abwässer sowie durch die Landwirtschaft. Bedeutende Phosphatquellen sind insbesondere die menschlichen und tierischen Fäkalien sowie der Einsatz von Phosphatdünger.

Die Verwendung phosphathaltiger Wasch- und Reinigungsmittel (Zahnpasten, Duschbäder, Shampoos usw.) trägt ebenfalls zur Phosphatbelastung der Abwässer bei. In Deutschland spielt dieser Phosphat-Eintrag aber kaum mehr eine Rolle, da heute nahezu alle kommunalen und industriellen Abwässer einer zentralen Abwasseraufbereitung zugeführt werden und sich dort der Phosphatgehalt des Abwassers wirkungsvoll auf ein natürliches Maß reduzieren lässt.

Bei der Gewässerüberwachung werden die Komponenten Orthophosphat-P und Gesamtphosphor bestimmt. Orthophosphat gibt den gelösten, unmittelbar pflanzenverfügbaren Phosphatanteil an, während Gesamtphosphor die Summe aller Phosphorverbindungen erfasst. Unbelastete Quellbäche weisen Gesamtphosphorkonzentrationen von weniger als 1 bis 10 mg/l P auf; anthropogen nicht beeinträchtigte Gewässeroberläufe in Einzugsgebieten mit Laubwaldbeständen erreichen Werte von 20 bis 50 mg/l P.

Sauerstoffgehalt

Der Sauerstoffgehalt des Wassers ist das Ergebnis sauerstoffliefernder und sauerstoffzehrender Vorgänge. Sauerstoff wird aus der Atmosphäre eingetragen, wobei die Sauerstoffaufnahme vor allem von der Größe der Wasseroberfläche, der Wassertemperatur, der Luftbewegung und der Wasserturbulenz abhängt. Sauerstoff wird auch bei der Photosynthese der Wasserpflanzen freigesetzt. Beim natürlichen Abbau organischer Stoffe im Wasser wird durch die Tätigkeit der Mikroorganismen und die Atmung von Tieren und Pflanzen Sauerstoff verbraucht. Dies kann zu Sauerstoffmangel im Gewässer führen.

Die Sauerstoffkonzentration ist zudem von verschiedenen physikalischen, chemischen und biochemischen Faktoren, wie etwa der Temperatur und von Stoffeinträgen abhängig.

Die Sauerstoffkonzentration im Gewässer, die im Lösungsgleichgewicht mit der Atmosphäre steht, wird als „Sättigungswert“ bezeichnet (bei 0° C 14,6 mg/l und bei 20° C 9,1 mg/l O). Als „fischkritischer Wert“ gilt der Mindestgehalt von 4 mg/l O.

Ammonium-Stickstoff (NH_4^+ ; N) und Nitrat-Stickstoff (NO_3^- ; N)

Stickstoff tritt im Wasser sowohl molekular (N_2) als auch in anorganischen und organischen Verbindungen auf. Organisch gebunden ist er in pflanzlichem und tierischem Material (Biomasse). Anorganisch gebundener Stickstoff kommt vorwiegend als Ammonium (NH_4^+) und Nitrat (NO_3^-) vor.

Stickstoff im Gewässer kann aus natürlichen oder anthropogenen Quellen stammen. Wesentliche anthropogene Quellen sind industrielle und häusliche Abwässer, Fäkalien sowie der Einsatz von Gülle und Mineraldünger in der Landwirtschaft, vor allem bei „Überdüngung“. Darüber hinaus ist der Eintrag von Stickstoffverbindungen über die Niederschläge nicht zu vernachlässigen.

Eine Besonderheit des Stickstoffeintrages ist die Stickstofffixierung, eine biochemische Stoffwechselleistung der Bakterien und Blaualgen, durch die molekularer gasförmiger Stickstoff aus der Atmosphäre in den Stoffwechsel eingeschleust wird. Unbelastete Oberflächengewässer weisen ganzjährig Ammonium-Stickstoffgehalte unter 0,1 mg/l auf.

Ammonium kann in höheren Konzentrationen erheblich zur Belastung des Sauerstoffhaushaltes beitragen, da bei der mikrobiellen Oxidation (Nitrifikation) von 1 mg Ammonium-Stickstoff zu Nitrat rund 4,5 mg Sauerstoff verbraucht wird. Dieser Prozess ist allerdings stark temperaturabhängig. Erhebliche Umsätze erfolgen nur in der warmen Jahreszeit.

Nitrat gelangt durch Auswaschungen gedüngter, landwirtschaftlich genutzter Flächen und mit Abwässern aus Kläranlagen mit Nitrifikationsstufe ins Gewässer. In den Gewässern selbst entsteht es durch mikrobielle Oxidation von Ammonium über Nitrat. Im Allgemeinen liegen in unbelasteten Fließgewässern Nitratstickstoffkonzentrationen von 1 mg/l vor.

Schwermetalle

Schwermetallkonzentrationen werden für Cadmium, Blei, Nickel und Chrom gemessen. Schwermetallverbindungen kommen in Gewässern in gelöster und ungelöster Form vor. Ein hoher Anteil ist in Schwebstoffen adsorbiert und sedimentiert in den Stillwasserzonen.

Der Haupteintrag von Schwermetallen erfolgt durch häusliche und industrielle Abwässer. Zudem kann die Remobilisierung sedimentierter Schwermetalle eine Rolle spielen.

Unbelastete Gewässer weisen je nach geochemischen Verhältnissen im Wassereinzugsgebiet folgende Hintergrundkonzentrationen auf:

Cadmium	<0,1 - 0,5	µg/l
Chrom	< 0,1	µg/l
Nickel	<3,0	µg/l
Blei	<0,2 - 3,0	mg/l

Die ökologische Bedeutung von Schwermetallen liegt darin, dass sich diese nicht abbaubaren Stoffe in Organismen anreichern, über verschiedene Belastungspfade in die Nahrungskette gelangen können und so auf die Organismen langzeitschädigend wirken.

Biologische Gewässergüte der Fließgewässer

Die biologische Wassergüte der Fließgewässer in der Bundesrepublik Deutschland wird nach einem siebenstufigen Beurteilungsraster bewertet. Die Wasserhoheit liegt bei den Ländern.

Die seit den 1970er Jahren verstärkten Abwasserreinigungsmaßnahmen haben inzwischen ihren Niederschlag in der Verbesserung der biologischen Gewässergüte gefunden. So sind bei Rhein, Main und Neckar deutliche Verbesserungen des biologischen Gütebildes eingetreten.

Zunehmende Beachtung bei Gewässerschutzmaßnahmen verdienen zudem jene Stoffgruppen und Veränderungen des Grundwasserzustandes, die bei der biologischen Gewässergütebewertung nicht erfasst werden, wie etwa Schwermetalleinleitungen, Salzfrachten oder die Erwärmung von Gewässern.

Es werden folgende Gewässer-Güteklassen unterschieden:

- **Güteklasse I: unbelastet bis sehr gering belastet**

Gewässerabschnitte mit reinem, stets annähernd sauerstoffgesättigtem und nährstoffarmem Wasser; geringer Bakteriengehalt; mäßig dicht besiedelt, vorwiegend von Algen, Moosen, Strudelwürmern und Insektenlarven; sofern sommerkühl, Laichgewässer für Salmoniden.

- **Güteklasse I-II: gering belastet**

Gewässerabschnitte mit geringer anorganischer oder organischer Nährstoffzufuhr ohne nennenswerte Sauerstoffzehrung, dicht und meist in großer Artenvielfalt besiedelt, sofern sommerkühl, Salmonidengewässer.

- **Güteklasse II: mäßig belastet**

Gewässerabschnitte mit mäßiger Verunreinigung und guter Sauerstoffversorgung, sehr große Artenvielfalt und Individuendichte von Algen, Schnecken, Kleinkrebsen, Insektenlarven; Wasserpflanzenbestände decken größere Flächen, ertragreiche Fischgewässer.

- **Güteklasse II-III: kritisch belastet**

Gewässerabschnitte, deren Belastung mit organischen sauerstoffzehrenden Stoffen einen kritischen Zustand bewirkt. Fischsterben infolge Sauerstoffmangels möglich; Rückgang der Artenzahl bei Mikroorganismen; gewisse Arten zu Massenentwicklung; Algen bilden häufig größere flächendeckende Bestände. Meist noch ertragreiche Fischgewässer.

- **Güteklasse III: stark verschmutzt**

Gewässerabschnitte mit starker organischer, sauerstoffzehrender Verschmutzung und meist niedrigem Sauerstoffgehalt; örtlich Faulschlammablagerungen, flächendeckende Kolonien von fadenförmigen Abwasserbakterien und festsitzenden Wimperntierchen übertreffen das Vorkommen von Algen und höheren Pflanzen; nur wenige gegen Sauerstoffmangel unempfindliche tierische Makroorganismen wie Schwämme, Egel, Wasserasseln kommen bisweilen massenhaft vor; geringe Fischereierträge; mit periodischem Fischsterben ist zu rechnen.

- **Güteklasse III-IV: sehr stark verschmutzt**

Gewässer mit weitgehend eingeschränkten Lebensbedingungen durch sehr starke Verschmutzung mit organischen sauerstoffzehrenden Stoffen, oft durch toxische Einflüsse verstärkt; zeitweilig totaler Sauerstoffschwund; Trübung durch Abwasserschwebstoffe; ausgedehnte Faulschlammablagerungen, durch rote Zuckmückenlarven oder Schlammröhrenwürmer dicht besiedelt; Rückgang fadenförmiger Abwasserbakterien; Fische nicht auf Dauer und dann nur örtlich begrenzt anzutreffen.

- **Güteklasse IV: übermäßig verschmutzt**

Gewässerabschnitte mit übermäßiger Verschmutzung durch organische sauerstoffzehrende Abwässer, Fäulnisprozesse herrschen vor; Sauerstoff über lange Zeit in sehr niedrigen Konzentrationen vorhanden oder gänzlich fehlend; Besiedlung vorwiegend durch Bakterien, Geißeltierchen und freilebende Wimperntierchen; Fische fehlen; bei starker toxischer Belastung biologische Verödung.

4.2. Untersuchung der Wassergüte eines Gewässers

4.2.1. Hinweise zur Entnahme einer Wasserprobe

Bei der Probeentnahme ist darauf zu achten, dass diese für das ganze Gewässer repräsentativ ist. So soll z.B. die Wasserprobe nicht in der Abfallfahne eines Einleitungsrohres entnommen werden. Die Wasserentnahme sollte aus etwa 20 bis 30 cm Tiefe und möglichst aus der Gewässermitte (z.B. von einer Brücke aus) erfolgen.

Wasserentnahmegeräte:

- Eimer an einem Seil
- Schöpfbecher an einem Stiel
- Probeflasche (direkt füllen)

Wasserentnahme:

- Das Wasserentnahmegerät ist vorher mehrmals mit dem Wasser zu spülen, das entnommen werden soll. Die Geräte, in die die Wasserprobe anschließend portioniert werden soll (wie z.B. Probeflaschen, größere Bechergläser und dergl.) sind ebenfalls mehrmals mit dem Probenwasser zu spülen.
- Beim Schöpfen das Wasser nicht unnötig aufwirbeln!
- Das Umfüllen der Wasserprobe von einem Gefäß in ein anderes muss langsam und ohne größere Verwirbelungen erfolgen; unnötiges Umfüllen muss unterbleiben, da dadurch der Gasgehalt des Probenwassers verfälscht werden kann.
- Soll die Wasserprobe direkt in die Probeflasche gefüllt werden, dann wird die Flasche mit der Öffnung nach unten in die entsprechende Wassertiefe gebracht, umgedreht, blasenfrei gefüllt und *noch unter Wasser* mit dem Stopfen verschlossen.

Bestimmungen vor Ort

Alle Parameter, die sich durch den Transport der Wasserprobe zwangsläufig ändern, sind vor Ort zu bestimmen.

Folgende Untersuchungen sind unbedingt vor Ort vorzunehmen:

- Sinnenprüfung der Wasserprobe,
- Bestimmen der Lichtdurchlässigkeit
- Bestimmen der Wassertemperatur
- Bestimmen des Sauerstoffgehaltes

Sind diese Bestimmungen vor Ort nicht durchführbar, kann das entsprechende Untersuchungsprinzip auch im Labor/Klassenraum anhand von frischem Leitungswasser demonstriert werden.

4.2.2. Ermittlung der Wasserführung von Gewässern

Bestimmung der Fließgeschwindigkeit von Gewässern

Geräte: 1 Stoppuhr, 1 Maßband (Sportunterricht) oder Gliedermaßstab

Durchführung:

- Am geraden Ufer eines Flusslaufes eine Messstrecke abstecken (zweckmäßigerweise 10 Meter).
- Auf Kommando des Zeitnehmers wird am Startpunkt ein schwimmender, deutlich sichtbarer Gegenstand in die Flussmitte geworfen.
- Die Zeit zum Durchlaufen der Messstrecke wird gestoppt.
- Die Messwerte tabellieren, die Messung mindestens zweimal wiederholen und den Mittelwert bilden.

- Die Fließgeschwindigkeit berechnen.

Bei breiten Gewässern ist es in jedem Falle besser, man beobachtet bereits in der Flussmitte schwimmende Gegenstände (z.B. Blätter, Zweige, o.ä.).

Messtabelle

	Messstreckenlänge (in m)	Zeit zum Durchlaufen der Messstrecke (in s)
Messung 1		
Messung 2		
Messung 3		
	Mittelwert	

Berechnung der Fließgeschwindigkeit:

$$\text{Fließgeschwindigkeit} = \frac{\text{Länge der Messstrecke (m)}}{\text{benötigte Zeit - Mittelwert (s)}}$$

4.2.3. Bestimmung der Durchflussmenge von Gewässern

Geräte: 1 Maßband oder Meterstab, evtl. 1 Stange (falls von einer Brücke aus gemessen wird).

Durchführung:

1. **Abflussfläche (Gewässerquerschnitt) ermitteln:**

Wassertiefe auf der gesamten Breite des Gewässers mehrmals (mindestens 3–4-mal) messen, mitteln und mit der Gewässerbreite multiplizieren.

Messtabelle:

Wassertiefe (in cm)				mittlere Wassertiefe (in cm)	Gewässerbreite (in cm)
1. Messung	2. Messung	3. Messung	4. Messung		

Abflussfläche (cm²) = mittlere Tiefe (cm) x Breite (cm)

Genauere Daten über die Breite und Tiefe (Durchschnittswerte bzw. Profile) von größeren Gewässern sind evtl. bei den zuständigen Flussmeistereien zu erfragen.

2. **Durchflussmenge berechnen:**

- die Größe der Abflussfläche (in cm²) mit der Fließgeschwindigkeit (in cm/s) multiplizieren:

$$\text{Durchflussmenge} \left[\frac{\text{cm}^3}{\text{s}} \right] = \text{Abflussfläche} [\text{cm}^2] \cdot \text{Fließgeschwindigkeit} \left[\frac{\text{cm}}{\text{s}} \right]$$

4.2.4. Beispiel für ein Wasser-Untersuchungsprotokoll

Bezeichnung des Gewässers/ der Wasserprobe			
<u>Probenentnahme</u> Probennehmer Datum Uhrzeit Lufttemperatur			
<u>zusätzliche Bemerkungen</u> Wetterlage Wasserführung Fließgeschwindigkeit Durchflussmenge			
<u>gewässertypische Zeiger-Organismen</u>			
	Probe I	Probe II	Probe III
<u>Sinnenprüfung</u>			
Geruch			
Färbung			
Trübung			
<u>physikalische Kenngrößen</u>			
Temperatur in °C			
pH-Wert			
elektrische Leitfähigkeit in $\mu\text{S}/\text{cm}$			
<u>chemische Inhaltsstoffe</u>			
Sauerstoff in $\text{mg}/\text{l O}_2$			
Gesamthärte (Summe Erdalkalien) in °d			
Ammonium/Ammoniak in $\text{mg}/\text{l NH}_4^+$			
Eisen in $\text{mg}/\text{l Fe}^{2+/3+}$			
Nitrit in mg/l			
Nitrat			
Phosphat			
Chlorid			

4.3. Untersuchung von Wasserproben

Sinnenprüfung von Wasserproben

Mit Ihren **Sinnen** untersuchen Sie eine Wasserprobe und versuchen, sie zu charakterisieren.

Bevor Sie mit diesen Untersuchungen starten, informieren Sie sich unbedingt darüber, wie eine empfundene Sinneswahrnehmung beschrieben werden kann! Welche Sinneseindrücke könnten möglich sein? Rechnen Sie mit ganz feinen Nuancen!

Geruch

Geruchsprüfung:

- Eine verschließbare, saubere Flasche mehrmals mit dem zu testenden Wasser spülen und dann zur Hälfte damit füllen.
- Den Verschluss (Stopfen) aufsetzen und die Flasche kräftig schütteln.
- Die Flasche unter der Nase öffnen und sofort nach Abnehmen des Verschlusses den Geruch prüfen. Dazu die Nase *direkt* über die Gefäßöffnung halten!
- Den Vorgang mehrmals wiederholen.
- Die Wahrnehmung protokollieren und diskutieren.

Beschreibungsmöglichkeiten:

- a.) ohne - schwach - stark
- b.) metallisch - erdig - fischig - aromatisch - grasartig - moderig - faulig - jauchig
- c.) nach Ammoniak, Schwefelwasserstoff (faulen Eiern), Mineralöl, Chlor, usw.

Färbung

Prüfung der Färbung:

- Ein Kelchglas (oder Becherglas) mit der zu prüfenden Wasserprobe füllen.
- Die Wasserprobe im Licht vor einem weißen Hintergrund betrachten; sind Sinkstoffe vorhanden, so wartet man mit der Beurteilung, bis diese sich abgesetzt haben.
- Die Wasserprobe vor einem dunklen Hintergrund betrachten.
- Die Wahrnehmung protokollieren und diskutieren.

Beschreibungsmöglichkeiten:

- a.) farblos - schwach gefärbt - stark gefärbt
- b.) Farbton z.B. gelblich, gelblichbraun, bräunlich, braun
- c.) Sind absetzbare Stoffe vorhanden? Ja / nein; wie viele?

Trübung

Prüfung der Trübung:

- Die Wasserprobe im Kelchglas (Becherglas) gegen einen schwarzen und gegen einen weißen Hintergrund betrachten.
- Die Wahrnehmung protokollieren und diskutieren.

Beschreibungsmöglichkeiten:

klar - schwach getrübt - stark getrübt - undurchsichtig

Geschmack

ACHTUNG! Geschmacksprüfung nur bei einwandfreiem Trinkwasser durchführen!

Geschmacksprüfung:

- einen Schluck Wasser eine kurze Zeit im Mund bewegen und dann schlucken, evtl. Nachgeschmack (!) beachten.
- Die Wahrnehmung protokollieren und diskutieren.

Beschreibungsmöglichkeiten:

- a.) ohne - schwach - stark
- b.) säuerlich - salzig - süßlich - bitter - fade - metallisch - moorig - usw.
- c.) nach Chlor - Seife - Fisch - usw.

4.4. Wasserverschmutzung & Wasserbelastung

4.4.1. Demonstrieren der gelösten Luft in Wasser

Geräte: Reagenzglas (DURAN, 16 cm) mit passendem Lochstopfen und eingepasstem langen, spitzwinkelig gebogenen Gasableitungsrohr (ein Schenkel mindestens 18 cm lang), 1 Brenner, Stativmaterial, Permanent-Marker-Stift

GHS01	GHS02	GHS03	GHS04	GHS05	GHS06	GHS07	GHS08	GHS09

Chemikalien: Leitungswasser

Durchführung:

VORSICHT, Spritz- und Verbrennungs-/Verbrühungsgefahr! Schutzbrille tragen!

Beim Erwärmen den Wasserstand im Glasrohr ständig kontrollieren!

- Das Reagenzglas vollständig mit Leitungswasser füllen und luftblasenfrei über einen Stopfen mit dem nach oben abgewinkelten Gasableitungsrohr verschließen.
- Das Reagenzglas v-artig geneigt mit den Stopfen nach unten am Stativ befestigen.
- Den Wasserstand im Glasrohr markieren.
- Das Wasser im mittleren Teil des Reagenzglases mit der stabilen, nicht leuchtenden, nicht rauschenden Brennerflamme sehr vorsichtig phasenweise so erwärmen, dass sich der Wasserstand im Glasrohr möglichst wenig bewegt. **Den Wasserstand im Steigrohr ständig beobachten.** Falls der Wasserstand zügig nach oben steigt, das Erwärmen sofort unterbrechen! **Keinesfalls darf Wasser aus dem Glasrohr spritzen!** Zwischen den Erwärmungsphasen entstandene Gasbläschen durch vorsichtiges Klopfen an die Reagenzglaswand (mit Kugelschreiber, Spatellöffel o.ä.) ablösen und gegen den Reagenzglasboden treiben.

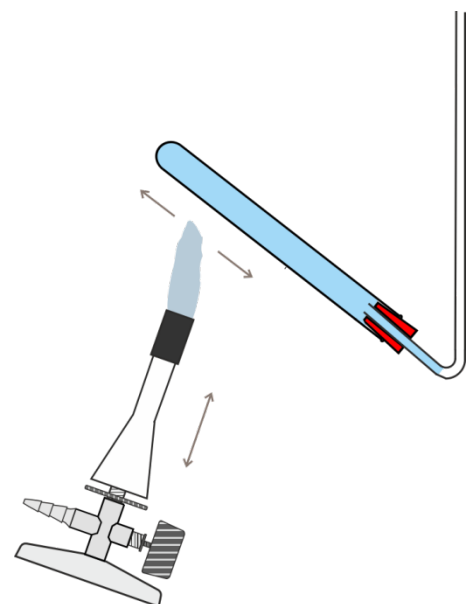


Abb.: 22 Gelöste Luft in Wasser

- Spätestens dann, wenn der Wasserstand im Glasrohr 2 cm über die Markierung angestiegen ist, wenn er sich beim Erwärmen zügig bewegt oder wenn sich im Reagenzglas ausreichend Gasbläschen gebildet haben, das Erwärmen einstellen.
- Die Apparatur so weit abkühlen lassen, bis sich der Wasserstand wieder nahe an der Markierung befindet.
- Die ausgetretene Gasmenge am Reagenzglasboden betrachten. Die Größe der Gasblase mit einem bekannten Gegenstand vergleichen (z.B. kirschgroß, erbsengroß, reiskorngroß, linsengroß, stecknadelkopfgroß, ...). Die Gasmenge protokollieren und werten.
Bedenken Sie: So viel Luft war in der Wasserfüllung des Reagenzglases enthalten. Aber lediglich 1/5 davon ist Sauerstoff. Mit dieser Sauerstoffmenge müssen Fische leben!

4.4.2. Wirkung von Wasch- und Spülmitteln auf die Oberflächenspannung des Wassers

Variante 1: Heftzwecken

Geräte: 1 breite Schüssel, Sieb

GHS01	GHS02	GHS03	GHS04	GHS05	GHS06	GHS07	GHS08	GHS09

Chemikalien: Spülmittel (z.B. Fairy Ultra, TIP) Tropfenflasche), Heftzwecken, Leitungswasser

Durchführung:

- Die Schüssel reichlich zur Hälfte mit Leitungswasser füllen.
- Auf die Wasseroberfläche eine Heftzwecke mit der Spitze nach oben setzen.
- In die Mitte der Kristallisierschale einen Tropfen Spülmittel fallen lassen und beobachten.
- Den Vorgang beschreiben, erklären und dokumentieren.

Entsorgung: Reste verwerfen.

Variante 2: Der Wasserläufer

Geräte: 1 breite Schüssel

GHS01	GHS02	GHS03	GHS04	GHS05	GHS06	GHS07	GHS08	GHS09

Chemikalien: Spülmittel (Tropfenflasche, Fairy Ultra, TIP, Spülmittel, möglichst dünnflüssig), Aluminiumfolie, Leitungswasser

Durchführung:

- Die Schüssel unter fließendem Wasser sehr gründlich reinigen, anschließend reichlich zur Hälfte mit Leitungswasser füllen.
- Aus Alu-Folie einen „Wasserläufer“ herstellen. Dazu ein etwa handflächengroßes Stück Alufolie in der Mitte falten. Durch Reißen eine Form mit 3 Beinen, Kopf und Schwanz herstellen. **Achtung, der Wasserläufer muss an Bauch und Beinen relativ schlank sein. Zu dicke Wasserläufer funktionieren nicht!**
Die Folie wieder auseinanderfalten. Die Beine und Füßchen des Wasserläufers rechtwinklig nach unten umbiegen, sodass der „Wasserläufer“ mit allen 6 Füßen gut auf der Tischplatte stehen kann. Den Kopf des „Wasserläufers“ etwas nach oben biegen, damit man ihn hier gut anfassen kann.
- Den „Wasserläufer“ vorsichtig auf die Wasseroberfläche setzen.

- 3-4 Tropfen Spülmittel auf die Wasseroberfläche **neben** den Wasserläufer fallen lassen und beobachten.
- Den Vorgang beschreiben, erklären und dokumentieren.
- Den Wasserläufer anschließend als Beleg dem Protokoll beifügen. Sein wiederholter Einsatz ist nicht möglich.
- Die Schüssel gründlich unter fließendem Wasser reinigen, dabei alle anhaftenden Spülmittelrestes gründlich entfernen.

Entsorgung: Reste verwerfen.

Variante 3: Das Seifenschiffchen

Geräte: Wanne (etwa 50 cm lang), Styroporplatte (ca. 1cm dick), Messer

GHS01	GHS02	GHS03	GHS04	GHS05	GHS06	GHS07	GHS08	GHS09

Chemikalien: Spülmittel (Tropfenflasche, Fairy Ultra, TIP, Spülmittel, möglichst dünnflüssig)

Durchführung:

- Die Wanne unter fließendem Wasser sehr gründlich reinigen, anschließend reichlich zur Hälfte mit Leitungswasser füllen.
- Mit dem Messer aus dem Styropor die Form eines Schiffsrumpfes ausschneiden. Das Schiff sollte ca. 6 cm lang sein.
- Hat sich das Wasser in der Wanne beruhigt, das Schiff so auf die Wasseroberfläche setzen, dass das Heck ca. 5 cm vom hinteren Wannenrand entfernt ist und frei in der Wanne schwimmt. Es darf nirgends an der Wand anliegen!



Abb.: 23 Seifenschiffchen (Foto H. Barth, 2001)

- Hinter das Heck 1 (!) Tropfen Spülmittel fallen lassen und beobachten.
- Den Vorgang beschreiben, erklären und dokumentieren.
- Den Schiffskörper verwerfen. Er kann nicht noch einmal eingesetzt werden.
- Die Wanne gründlich unter fließendem Wasser reinigen, bis alle anhaftenden Spülmittelrestes wirklich entfernt sind.

Entsorgung: Reste verwerfen.

4.4.3. Beseitigung von Ölverschmutzungen. Öltankerunfall

Geräte: 1 große Kristallisierschale (d=18 cm), Ring (d= 10 cm) aus Polyethylenschlauch (d=10mm), Wasserstrahlpumpe oder Gebläse in Saugstellung (ersatzweise große Spritze oder alte Fahrradpumpe), Vakuumschlauch, 1 großvolumige Saugflasche, passende Gummischlauchstücke, 1 Glasrohrstück (ca. 15 cm lang), 1 Glasstab, Sieb, Stativ und Klemme.

GHS01	GHS02	GHS03	GHS04	GHS05	GHS06	GHS07	GHS08	GHS09

Chemikalien: mit Paprika rot gefärbtes Speiseöl in Tropfenflasche, gesiebtes Sägemehl, Leitungswasser

Zubereiten des Paprikaöls:

- Den Inhalt einer Flasche Salatöl in ein passendes Gefäß geben und mit dem Inhalt eines Päckchens Gewürzpaprikapulver mischen.
- Den Ansatz 1-2 Tage lang stehen lassen und bei Gelegenheit immer mal wieder umrühren.
- Schließlich das rot gefärbte Öl dekantieren und aufbewahren. Den Bodensatz verwerfen (Restmülltonne).

Das Paprika-Öl kann auch durch einen tüllartigen Stoff oder durch einen Damenstrumpf gegossen und so von seinen Feststoffbestandteilen getrennt werden. Ob das Filtermaterial geeignet ist, sollte man mit kleinsten Ölmengen erproben. **Kaffeefilter eignen sich hierfür jedoch nicht!**

Durchführung:

- Die Kristallisierschale zur Hälfte mit Wasser füllen:
Das ist das Meer.
- Den Schlauchring auf die Wasseroberfläche legen und in die Mitte eine Portion Paprikaöl (etwa so groß wie ein 2 €-Stück) tropfen:
Aus einem havarierten Öltanker ist Rohöl ins Meer gelaufen. Die Besatzungen der Umweltschutzschiffe haben eine schwimmende Barriere um das ausgelaufene Öl gelegt.
- Der Schlauchring wird vorsichtig über die Wasseroberfläche geschoben:
Es kommt Wind auf. Durch den Seegang treibt die Ölbarriere auf dem Meer umher.
- Öl, Ölbarriere und Wasseroberfläche beobachten.
- Sägemehl auf die Öllache streuen:
Die Besatzung eines Umweltschutzschiffes streut Bindemittel auf das Öl, um es damit aufzunehmen.
- Beobachten. Auch auf den „Meeresgrund“ schauen.
- Eine Absaugvorrichtung montieren.
 - Dazu an das Seitenrohr der Saugflasche den Vakuumschlauch montieren, der zur Pumpe führt. Saugflasche mit dem Stativaufbau sichern.
 - Die Öffnung der Saugflasche mit einem Lochstopfen verschließen, in das ein Glaswinkelrohr montiert ist.
 - An das Glaswinkelrohr über einen Schlauch ein kurzes Glasrohr montieren.
- Durch Betätigen der Pumpe Unterdruck erzeugen und das Sägemehl mit Hilfe der Absaugvorrichtung von der Wasseroberfläche absaugen:
Saugschiffe saugen das ölbeladene Bindemittel von der Meeresoberfläche ab.
- Beobachten. Auch auf den „Meeresgrund“ schauen!

- Beschreiben, werten, diskutieren. Ist die Umweltkatastrophe damit behoben?

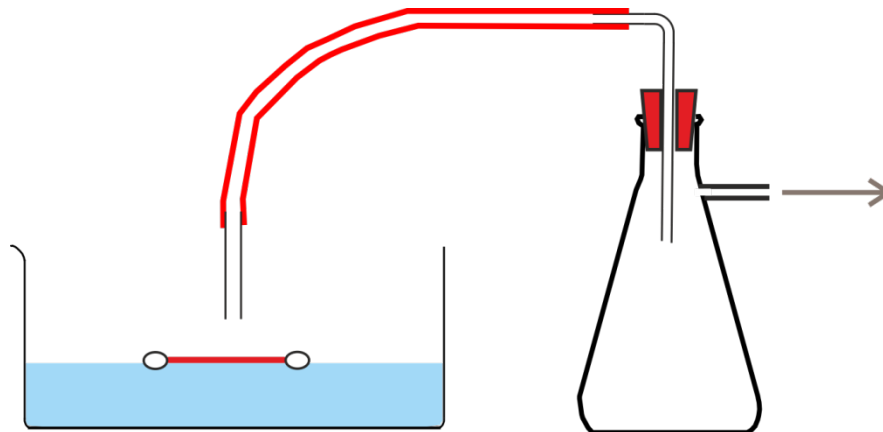


Abb.: 24 Beseitigung von Ölverschmutzungen

Entsorgung: Die Reste aus der Kristallisierschale und den Inhalt der Saugflasche durch ein engmaschiges Sieb gießen; die Holzspäne und die Flüssigkeit getrennt verwerfen. Die Geräte geordnet ablegen. Stark verschmutzte Geräte sollten von Zeit zu Zeit mit warmer Spülmittellösung gereinigt werden. Darauf achten, dass die Geräte am Ende gründlich gespült und seifenfrei sind!

4.4.4. Demonstration eines Kies-Sand-Filters

Geräte: 4 Trichter (d = 120 mm), Stativmaterial (Trichtergestell), Glaswolle bzw. Raschigringe oder ähnliches Verschlussmaterial; für die Schmutzwasserbehandlung: 1 Becherglas (600 ml), 3 Bechergläser (250 ml), 1 Glasstab, 1 Spatellöffel; für die Wasseruntersuchung: Reagenzgläser mit passendem Vollstopfen im Reagenzglasständer, Kontrasthintergründe weiß und schwarz; evtl. Objektträger, 3 Pipetten, Brenner; zur Filterpflege: 1 Krug oder 1 Scheidetrichter mit passendem Stativmaterial

GHS01	GHS02	GHS03	GHS04	GHS05	GHS06	GHS07	GHS08	GHS09

Chemikalien: Leitungswasser, Steinchen und Kies, Sand, Blumenerde, blaue Tintenlösung, Eisen (III)-chlorid-Lösung (5%) [GHS05; GHS07], Kaliumthiocyanat-Lösung (0,1 mol/L) [GHS07], Silbernitrat-Lösung (0,1 mol/L) [GHS05; GHS09], Natriumchlorid

Durchführung:

VORSICHT! Gefahrstoff-Symbolik der verwendeten Produkte beachten!

Montage des Kies-und-Sand-Filters

- An einem möglichst langen Stativstab 4 Trichter übereinander anordnen.
- In jeden der Trichter einen kleinen Bausch Glaswolle oder Raschig-Ringe einbringen, um ein Herauslaufen des festen Füllmaterials zu verhindern. Trotzdem muss der ungehinderte Flüssigkeitsdurchlauf gewährleistet sein.
- Die Trichter nacheinander befüllen mit:
 - Kies
 - Feinkies
 - Sand
 - Blumenerde.
- Den Filter gründlich waschen. Dazu so lange Leitungswasser durch die Trichterfüllungen laufen lassen, bis das unten entnommene Filtrat möglichst klar ist.



Abb.: 25 Kies und Sand Filter

Verschmutztes Wasser bereiten

- In das Becherglas (600 ml) Leitungswasser einfüllen.
- Blaue Tintenlösung zugeben (=“Schmutz“).
- Eine Portion Eisen (III)-chlorid-Lösung zugeben (= „rostiges Wasser“).
- Eine Portion Kochsalz zugeben und lösen (=“Streusalz im Winter“)

Schmutzwasser mit dem Kies-und-Sand-Filter reinigen

- Das oben bereitete Schmutzwasser portionsweise durch den Kies-und-Sand-Filter laufen lassen. Das Filtrat in Bechergläsern (250 ml) auffangen.

Überprüfen und Werten der Reinigungsleistung des Kies-und-Sand-Filters

Kann der Kies- und-Sand-Filter den Farbschmutz aus dem Schmutzwasser entfernen?

- Schmutzwasser und Filtrat vergleichend betrachten. Aussehen prüfen und dokumentieren.
- Ergebnis werten und dokumentieren.

Kann der Kies-und-Sand-Filter den Rost aus dem Schmutzwasser entfernen?

Rückstellprobe:

- Ein Reagenzglas ca. 1 cm hoch mit Eisen (III)-chloridlösung befüllen.
- 1 (!) Tropfen Kaliumthiocyanatlösung zugeben.
- Beobachten. Werten.

Test:

- Ein Reagenzglas ca. 4 cm hoch mit Schmutzwasser, ein anderes Reagenzglas ca. 4 cm hoch mit Filtrat befüllen und nebeneinander geordnet abstellen.
- In jedes Reagenzglas jeweils 1-2 Tropfen Kaliumthiocyanatlösung geben. Beobachten. Anschließend die Reagenzgläser jeweils mit einem Vollstopfen verschließen und den Inhalt durch Umschwenken mischen.
- Das Ergebnis betrachten, mit der Rückstellprobe vergleichen, werten und dokumentieren.

Kann der Kies-und-Sand-Filter das Kochsalz aus dem Schmutzwasser entfernen?

Rückstellprobe:

- In ein Reagenzglas ca. 4 cm hoch Leitungswasser einfüllen.
- 1 Spatelspitze Kochsalz zugeben.
- Das Reagenzglas mit einem Vollstopfen verschließen und den Inhalt durch Umschwenken mischen.
- In das Reagenzglas 1 (!) Tropfen Silbernitratlösung geben. Beobachten. Die Flüssigkeit gegebenenfalls erst danach durch Umschwenken mischen.
- Betrachten. Werten.

Test:

- Ein Reagenzglas ca. 4 cm hoch mit Schmutzwasser, ein anderes Reagenzglas ca. 4 cm hoch mit Filtrat befüllen und nebeneinander geordnet abstellen.
- Zunächst in das Schmutzwasser, danach in das Filtrat jeweils 1-2 Tropfen Silbernitratlösung geben. Beobachten. Ggf. erst dann schütteln.
- Das Ergebnis betrachten, mit der Rückstellprobe vergleichen, werten und dokumentieren. Schlussfolgerungen für das umweltbewusste Verhalten im Winter ableiten.

Hinweis:

Zur Überprüfung des Kochsalzgehaltes können Proben von Schmutzwasser und Filtrat auch auf dem Objektträger eingedampft und die Ergebnisse anschließend verglichen werden.

Filterpflege

Nach Abschluss des Praktikumstages den Filter gründlich waschen. Dazu so lange Leitungswasser durch die Trichterfüllungen laufen lassen, bis das unten entnommene Filtrat möglichst klar und farblos ist. Bei einem Test mit Kaliumthiocyanatlösung dürfen sich keine Eisen-Ionen nachweisen lassen!

Entsorgung: Die silbernitratthaltigen Rückstände in den Behälter „Silbersalzabfälle“ geben. Die Rückstände, die mit Kaliumthiocyanatlösung versetzt wurden, im dafür bereitgestellten Behälter sammeln.

4.4.5. Bestimmung von pH-Wert von Haushaltsmitteln

4.4.5.1. Bestimmung von pH-Wert von Haushaltsmitteln mit Rotkohllindikator

Geräte: Reagenzgläser mit passendem Vollstopfen im Reagenzglasständer, weißer Kontrasthintergrund;
außerdem: Spatellöffel oder Pipetten zum Portionieren; ggf. Bechergläser (600 ml) mit passendem Deckel (z.B. Uhrglas) für die Probenvorbereitung



Chemikalien: Rotkohlsaft-Eiswürfel, aufgetaut in Leitungswasser (blaue Lösung);
außerdem: Haushaltschemikalien, wie z.B. Kernseife, Zitronensaft, Tafelessig, Waschmittel, Badesalz, Backpulver o.ä.

Vorbereitung:

Herstellen von Rotkohlsaft:

- Frische, zerkleinerte Rotkohlblätter in einem Kochtopf mit Leitungswasser bedeckt, kurz aufkochen und abkühlen lassen, bis sich eine kräftig dunkelrote Lösung gebildet hat. Das Gefäß während des Abkühlens möglichst abdecken.
- Durch Sieben (mittels Sieb, Damenstrumpf o.ä.) die Lösung von den Rotkohlblättern abtrennen. Die Rotkohlblätter verwerfen, die Lösung gut verschlossen aufbewahren.

Achtung!

- Da Rotkohlsaft durch Schimmelbildung schnell unbrauchbar wird, sollte er zur längeren Aufbewahrung in Eiswürfelbeutel gefüllt und eingefroren werden. So lassen sich immer wieder kleinere Portionen entnehmen.
- Soll das Rotkohlsaft-Konzentrat mit Wasser verdünnt werden, darf dazu **nur frisches, kaltes Leitungswasser** verwendet werden. Nach Öffnen des Wasserhahns sollte das Wasser eine kleine Weile ablaufen. Durch abgestandenes oder warmes Wasser wird der Rotkohlsaft sofort farblich verändert und dadurch unbrauchbar!

- **Den Rotkohlsaft immer abdecken und niemals über längere Zeit offen an der Luft stehen lassen!** Bereits nach wenigen Stunden an der Luft verfärbt sich der Rotkohlsaft durch Reaktion mit dem Kohlenstoffdioxid der Luft rot und ist damit für die Experimente unbrauchbar.

Durchführung:

- 6 Reagenzgläser etwa 3 cm hoch mit blauem Rotkohlsaft befüllen.
- Einen Ansatz als Rückstellprobe abstellen.
- Die fünf verbleibenden Reagenzgläserfüllungen mit jeweils 1 Spatelspitze oder 1ml (0,5 cm hoch) einer Haushaltschemikalie versetzen.
- Die Reagenzgläser mit dem Vollstopfen verschließen und die Substanzen durch Schwenken mischen.
- Die Farben vor einem weißen Hintergrund vergleichend betrachten, erklären und dokumentieren.

Entsorgung: Reste verwerfen.

4.4.5.2. Bestimmung von pH-Wert von Haushaltsmitteln mit Universalflüssigindikator

Geräte: 5 Uhrgläser, Spatellöffel, Glasstab



Chemikalien: Universalindikatorpapier, Leitungswasser; Haushaltschemikalien und Nahrungsmittel, wie z.B. Kernseife, Zitronensaft, Tafelessig, Waschmittel, Duschbad, Badesalz, Backpulver, Apfelsaft, Limonade, o.ä.

Durchführung:

- Auf je ein Uhrglas eine wässrige Probe geben. Bei Bedarf mit Leitungswasser eine Probenlösung von gebrauchstüblicher Konzentration herstellen.
- Für jede Probe einen ca. 2 cm langen Streifen Unitestpapier abtrennen und mit der Probe benetzen.
- Die Färbung des Indikatorpapiers wird mit der Skala verglichen und der pH-Wert abgelesen.
- Die Messdaten dokumentieren und werten.

Entsorgung: Lösungen in den Ausguss geben, Indikatorpapier in den Restmüll geben.

5. Chemisch-technologische Verfahren

5.1. Modellexperiment zur Eisenmetallurgie: Herstellung von Roheisen im Hochofen

Geräte: 1 Reagenzglas (16 mm Durchmesser, schwer schmelzbar z.B. DURAN), 2 Abdampfschalen, 1 Drahtnetz, 1 Spatellöffel, 1 Pinzette, 1 Gasbrenner, Zündflamme, Stativmaterial, 1 Magnet, 1 Papier-Küchentuch, 1 Holzspieß; evtl. Mörser mit Pistill, Abfallgefäß um die Reagenzgläser aufrecht bis zur Mülltrennung abkühlen zulassen



Chemikalien: Kaliumpermanganat [GHS03; GHS05; GHS07; GHS09], Calciumchlorid (getrocknet) [GHS07], Eisen (III)-oxid, Holzkohlepulver, Sand

Durchführung:

Achtung, die entstehenden gasförmigen Produkte und Stäube nicht bewusst einatmen! Nach dem Experiment Raum gut lüften!

vorbereitende Arbeiten (Achtung: auf Hinweise der Dozentin achten)

- Kaliumpermanganat in einer sauberen Reibschale fein pulvern.
- Holzkohle in einer zweiten Reibschale fein pulvern.
- Gut getrocknetes Calciumchlorid in einer dritten Reibschale fein pulvern.

Vorbereitung des Experiments

- In einer Porzellanschale 3 Spatellöffel voll Holzkohlepulver mit 3 Spatellöffel voll Eisen (III)-oxid und 1 Spatellöffel voll gepulvertem, getrocknetem Calciumchlorid mit dem Löffel sorgfältig mischen.
- Das schwer schmelzbare Reagenzglas 2 cm hoch mit fein gepulvertem Kaliumpermanganat befüllen.
- Die Kaliumpermanganat-Oberfläche *vollständig* mit Sand abdecken. Dabei so wenig Sand wie möglich verwenden, aber so viel wie nötig (die Sandschicht sollte maximal 0,5 cm hoch sein)!
Ab jetzt das Reagenzglas sehr vorsichtig bewegen! Die Sandschicht darf nicht verrutschen!
- Das Reaktionsgemisch aus Eisen (III)-oxid, Holzkohlepulver und Calciumchlorid ca. 4 cm hoch auf den Sand schichten; das obere Drittel des Reagenzglases muss leer bleiben.
- Das Reagenzglas senkrecht am Stativ fixieren. Über die Reagenzglasöffnung ein Drahtnetz stülpen. Unter das Reagenzglas eine Porzellanschale stellen.

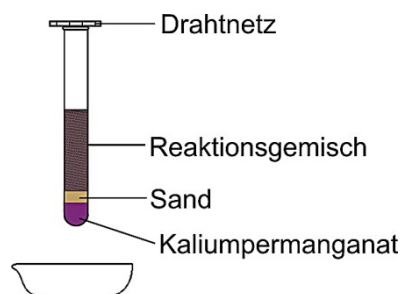
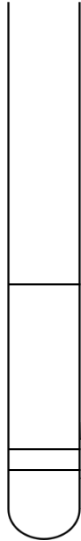


Abb.: 26 Modellexperiment Hochofen

Durchführung des Experiments

- Am Gasbrenner die rauschende Flamme einstellen.
- Den Brenner in die Hand nehmen und zunächst die oberste Schicht des Reaktionsgemisches so lange erwärmen, bis die Staubverwirbelung nachlässt. Danach folgendermaßen verfahren:



1. Das Reaktionsgemisch knapp über der Sandschicht punktförmig erhitzen. Dabei mit der Flamme nicht an die Kaliumpermanganat-Schicht kommen!
2. Wenn das Reaktionsgemisch dort feurig rot aussieht, mit der Brennerflamme ganz kurz auf die Grenzschicht zwischen Sand und Kaliumpermanganat schwenken, um Sauerstoff auszutreiben, und sofort wieder auf den Punkt über der Sandschicht zurückschwenken. Diesen Vorgang so lange wiederholen, bis ein deutlich glühender Saum über dem Sand entsteht. Flamme dann sofort entfernen! Weißglut abwarten! Während der Weißglutphase nicht weiter erwärmen, da das Glas sonst zerstört wird!
3. Sobald die Intensität der Glut nachlässt, immer wieder in kurzen Phasen die Flamme auf das Kaliumpermanganat richten und durch Steuerung der Sauerstoffentwicklung einen gleichmäßigen Reaktionsverlauf gewährleisten.
4. Das phasenweise Erhitzen der Kaliumpermanganat-Schicht so lange fortsetzen, bis trotz Sauerstoffentwicklung die Glut von selbst erlischt.
Die Apparatur abkühlen lassen.

Demonstration des entstandenen Roheisens

- Den Magneten in ein Papier-Küchentuch einwickeln.
- Das abreagierte Reaktionsgemisch aus dem Reagenzglas in die Porzellanschale geben; zum Lockern evtl. einen Holzspieß zur Hilfe nehmen.
- Den eingepackten Magneten kreisförmig durch das abreagierte Reaktionsgemisch bewegen und auf magnetisches Eisen untersuchen.

Entsorgung: Die Reagenzgläser geordnet ablegen. Sie können später zusammen mit dem abreagierten Reaktionsgemisch im Restmüll entsorgt werden. Chemikalienreste und Reste des hergestellten Reaktionsgemisches zur späteren Verwendung aufbewahren.

Theoretische Aspekte:

Industriell wird Roheisen im Hochofen gewonnen. Als **Produkte** entstehen dabei gleichzeitig noch Schlacke und Gichtgase. Das Roheisen wird zu Stahl weiterverarbeitet. Aus der Schlacke können Zement („Hochofenzement“) und andere Baustoffe hergestellt werden. Da die Gichtgase heiß und brennbar sind, werden sie als Brenn- und Heizgase verwendet.

Als **Rohstoffe** werden zur Roheisenherstellung im Hochofen Eisenerz, Steinkohlenkoks, Luft (Sauerstoff) und die sogenannten Zuschläge benötigt. Zuschläge sind verschiedene Kalke und Sande, die bewirken, dass sich das Eisen gut von den mineralischen Bestandteilen des Eisenerzes trennt und eine Schlacke von gewünschter Qualität gebildet wird. Außerdem kann dadurch die Schmelztemperatur des Eisens gesenkt werden.

Der Hochofen ist ein Schachtofen mit einer Höhe von ca. 30 bis 75 m. Er besteht aus folgenden Abschnitten:

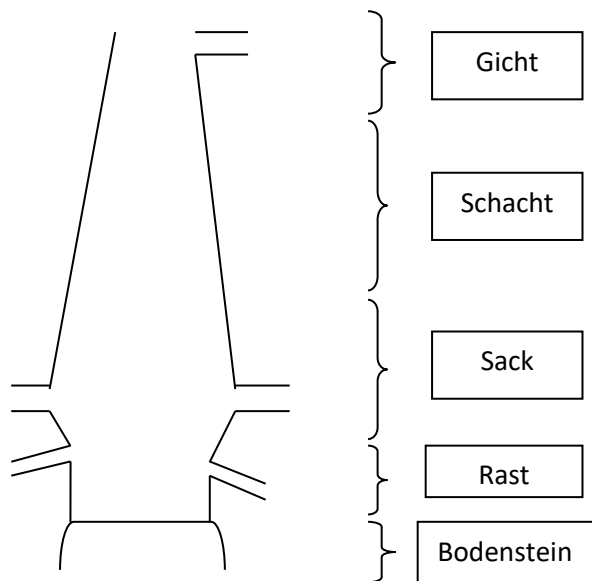


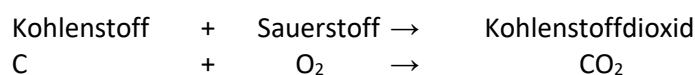
Abb.: 27 Hochofen (Foto Joachim Schulik)

Der Hochofen funktioniert folgendermaßen:

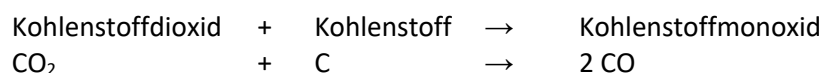
Mit Hilfe eines Drehgestells werden an der Gicht Eisenbahnwaggons in festgelegter Reihenfolge entleert, die mit Eisenerz, Koks und Zuschlägen gefüllt sind. In ein Ringleitungssystem am Sack (Heißwindringleitung) wird Luft eingeblasen. Dort herrscht die höchste Temperatur, etwa 2000°C.

Reaktionen:

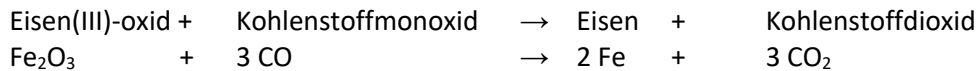
In Nähe der Luftzuführung verbrennt der Koks. Aus Kohlenstoff und Sauerstoff bildet sich Kohlenstoffdioxid. Dabei entsteht auch die nötige Reaktionswärme:



Das entstandene Kohlenstoffdioxid steigt nach oben und reagiert mit dem dort vorhandenen Kohlenstoff. Aus Kohlenstoffdioxid und Kohlenstoff bildet sich Kohlenstoffmonoxid:

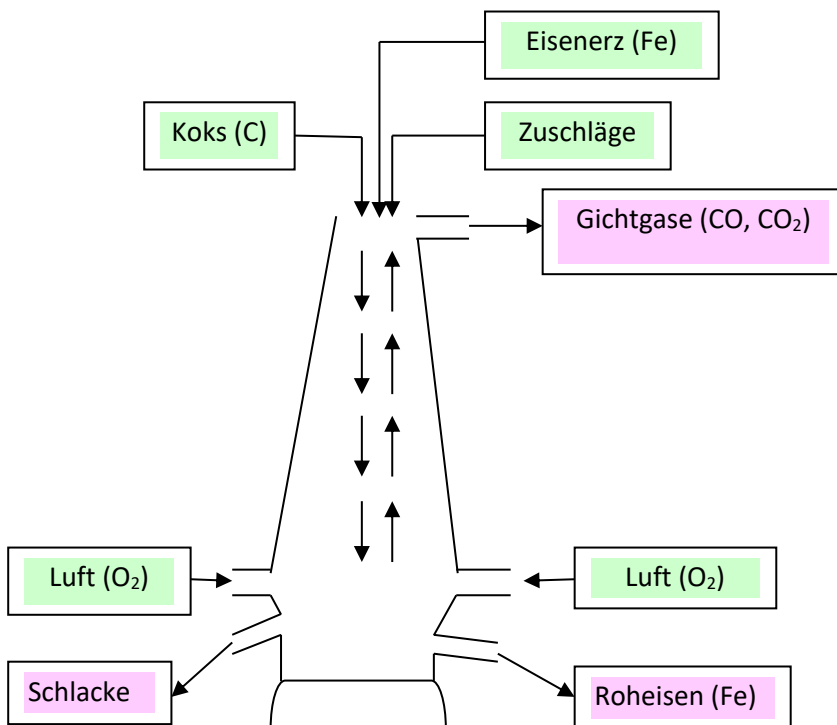


Kohlenstoffmonoxid ist sehr reaktionsfreudig. Es reagiert mit dem Eisen (III)-oxid. Durch den Sauerstoffanteil des Eisen(III)-oxids wird das Kohlenmonoxid zu Kohlenstoffdioxid oxidiert, und gleichzeitig wird das Eisen(III)-oxid zu Eisen reduziert:



All diese Reaktionen sind Redoxreaktionen.

Eisen besitzt eine hohe Dichte und gehört deshalb zu den Schwermetallen. Im Hochofen sinkt das Roheisen nach unten und sammelt sich auf der Rast an. Darüber schwimmt die Schlacke, da sie eine geringere Dichte besitzt. Die Schlacke schützt so das Roheisen vor unerwünschten weiteren Reaktionen. Wenn sich ausreichende Mengen Schlacke und Roheisen gebildet haben, erfolgt der sogenannte Abstich. Die Pfropfen aus Ton und Schamott, die bisher die unteren Auslassöffnungen am Hochofen verschlossen hatten, werden mit einer langen Lanze durchstochen. Die flüssige Schlacke und das flüssige Roheisen fließen getrennt voneinander in dafür vorgesehene Formen und stehen zur Weiterverarbeitung bereit. Die Auslassöffnungen werden bis zum nächsten Abstich wieder verschlossen.



Technologische Prinzipien:

Ist ein Hochofen einmal in Betrieb genommen, arbeitet er ohne Unterbrechung. Ständig müssen die Ausgangsstoffe zugeführt werden, laufend bilden sich die Reaktionsprodukte. Erkalte ein Hochofen, kann er nicht wieder angefahren werden. Der Hochofen arbeitet also nach dem **Prinzip der kontinuierlichen Arbeitsweise**.

Durch das Einblasen der heißen Luft an der Heißwindringleitung strömen den von oben eingefüllten kalten Feststoffen die heißen Gase entgegen. Die Feststoffe werden auf diese Weise vorgewärmt, bis sie in die Reaktionszone gelangen, die Gase werden abgekühlt. Durch diesen gegenläufigen Stofffluss findet ein Energieaustausch statt. Man spricht in diesem Zusammenhang vom **Gegenstromprinzip**.

Die nach oben strömenden Gase bestehen hauptsächlich aus Kohlenstoffdioxid und Kohlenmonoxid. Da sie am oberen Teil des Hochofens, der Gicht, über große Rohrleitungen abgeleitet werden, heißen sie „Gichtgase“. Weil sie das brennbare Kohlenmonoxid enthalten und eine Temperatur von ca. 200°C besitzen, werden sie als Heizgase eingesetzt. Häufig werden Wärmeaustauscher damit betrieben, um die Luft vorzuheizen, die über die Heißwindringleitung in den Hochofen eingeblasen wird.

Da Roheisen produktionsbedingt einen hohen Kohlenstoffanteil besitzt, ist es nicht direkt verwendbar und muss zu Gusseisen oder Stahl weiterverarbeitet werden.

6. Feuer und Feuerlöschen

6.1. Ableiten von brennbaren Gasen aus einer Flamme

Geräte: Glasrohr (20 cm lang), Tiegeltzange, wärmeisolierende Unterlage, Gasbrenner

Durchführung:

- Den Brenner entzünden und eine stabile, nicht leuchtende und nicht rauschende Flamme einstellen.
- Das Glasrohr mit der Tiegeltzange mittig fixieren und **schräg nach oben** ausrichten.
- Die untere Glasrohröffnung von der Seite her in die Mitte des unteren Flammenbereichs halten. Das Glasrohr kann dabei auf den Schornstein des Brenners aufgelegt werden.
- Die am oberen Ende des Glasrohres entweichenden Gase entzünden. Die Neigung des Glasrohres so lange verändern, bis die Tochterflamme deutlich sichtbar ist (Länge der Tochterflamme > 1 cm)!
- Beobachten, beschreiben und erklären!

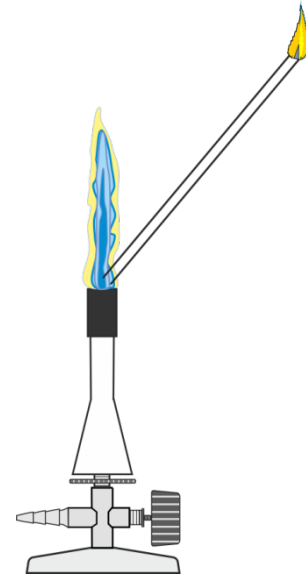


Abb.: 28 Tochterflamme

6.2. Ableiten von brennbaren Gasen aus einer Kerzenflamme

Geräte: Glasrohr (ca. 6-7 cm lang), Tiegeltzange, wärmeisolierende Unterlage, Haushaltskerze, Zündmittel

Durchführung:

- Die Haushaltskerze entzünden und die Bildung einer stabilen Flamme abwarten.
- Das Glasrohr mit der Tiegeltzange mittig fixieren und **senkrecht** ausrichten.
- Die untere Glasrohröffnung (schornsteinartig) **knapp über dem Kerzendocht** in die Kerzenflamme halten.
- Die Stellung des Glasrohres so lange anpassen, bis aus dem Glasrohr eine kräftige weiße Rauchfahne entweicht.
- **Außerhalb** der Experimentieranordnung eine Zündflamme bereitstellen und damit die am oberen Ende des Glasrohres entweichenden Gase entzünden. Den Vorgang so lange wiederholen, bis die Tochterflamme deutlich sichtbar mindestens 3 Sekunden lang brennt (Länge der Tochterflamme $\geq 0,5$ cm)!
- Beobachten, beschreiben und erklären!



Abb.: 29 Ableiten brennbarer Dämpfe aus der Kerzenflamme (Foto H. Barth 2001)

Versuchsergänzung:

- Eine Haushaltskerze entzünden und so lange brennen lassen, bis ein Teil des Waxes auf der Oberfläche deutlich sichtbar geschmolzen ist.

- Eine Zündflamme bereithalten.
- Die Kerzenflamme auspusten und sofort die Zündflamme in die entweichende Rauchfahne knapp über den Docht halten.
- Den Vorgang mehrfach wiederholen.
- Beobachten, beschreiben und erklären!

Hinweis:

Da die aus einer Kerzenflamme entweichenden Gasmengen sehr gering sind, gelingen diese Experimente nur unter folgenden Bedingungen:

- Es ist unbedingt eine Kerze mit einem möglichst dicken Docht zu verwenden, die eine relativ große, stabile Flamme bildet (z.B. Haushaltskerze o.ä.). Teelichte sind hierfür völlig ungeeignet!
- Damit die geringen entweichenden Gasmengen nicht weggetragen werden, ist jegliche Zugluft auszuschließen. Deshalb ist mit halb ausgestreckten Armen zu arbeiten, um **nicht in Flammennähe zu atmen!** Da das Entzünden von Feuerzeugen ebenfalls Druckveränderungen hervorruft, sind Feuerzeuge außerhalb des Flammenbereichs zu entzünden und die Zündflamme danach ruhig, aber zügig in die Rauchfahne zu bringen.

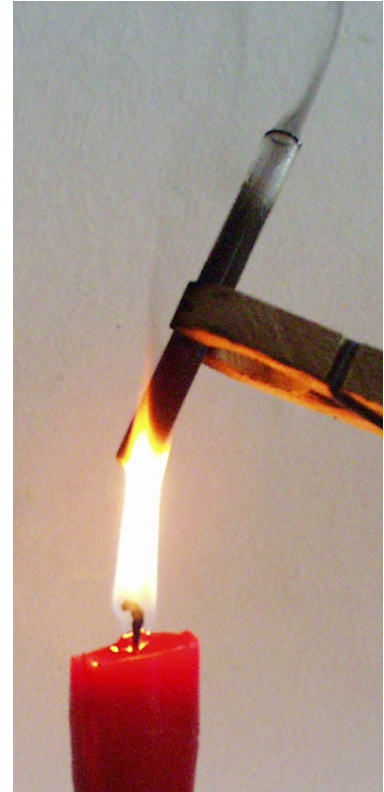


Abb.: 30 Ableiten der Dämpfe aus der hellen Zone der Kerzenflamme (Foto H. Barth, 2001)

6.3. Untersuchen einer Kerzenflamme mittels Kupferdrahtwedel

Geräte: Kupferdrahtspirale (Kupferdraht mind. 1mm Querschnitt, Spirale 1 cm \varnothing , l = 4,5 cm), Haushaltskerze, Zündmittel

Durchführung:

VORSICHT, den entstehenden Rauch nicht direkt einatmen! Experiment von der Seite aus beobachten und mit halb ausgestreckten Armen arbeiten!

- Die Haushaltskerze entzünden und die Bildung einer stabilen Flamme abwarten.
- Das Flammenbild betrachten und beschreiben.
- Die Kupferdrahtspirale von oben nach unten über die Flamme stülpen. Dabei darauf achten, dass der Docht nicht berührt wird; **die Flamme darf nicht verlöschen!**
- Das Flammenbild beobachten.
- Die Kupferdrahtspirale nach oben wieder aus der Flamme herausheben.
- Das Flammenbild beobachten.
- Den Vorgang wiederholen.
- Die Beobachtung beschreiben und erklären.



Abb.: 31 Wirkprinzip Flammenfalle (Foto H. Barth 2001)

Hinweis:

Da nicht auszuschließen ist, dass der entstehende Rauch möglicherweise gesundheitsschädliche Stoffe enthalten könnte, sollte das Experiment nach dem Fixieren der Beobachtungsergebnisse sofort beendet werden. Ein unnötiges Erzeugen von Rauch ist zu unterlassen!

6.4. Wirkung von Flammenschutzsieben

Geräte: Stabiles Metalldrahtnetz, Tiegelzange, Gasbrenner, Holzstäbe (z.B. Schaschlikspieße), wärmeisolierende Unterlage, Kerze, Zündmittel

Durchführung:

- Die Kerze entzünden.
- Den Brenner entzünden und eine stabile, nicht leuchtende und nicht rauschende Flamme einstellen.
- Das Kupferdrahtnetz nahe einer Seitenkante fest in der Tiegelzange fixieren.
- Das Kupferdrahtnetz von der Seite her so in die Flamme schieben, dass die Flammenfront halbiert wird.
- Das Flammenbild betrachten.
- Das Kupferdrahtnetz seitlich wieder aus der Flamme herausnehmen.
- Das Flammenbild betrachten.
- Den Vorgang mehrmals wiederholen, beobachten und beschreiben.

- Den Holzspan an der Kerzenflamme entzünden.
- Das Kupferdrahtnetz von der Seite her so in die Flamme schieben, dass die Flammenfront halbiert wird.
- Das Flammenbild betrachten.
- Mit dem brennenden Holzspan die brennbaren Gase oberhalb des Drahtnetzes entzünden.
- Das Flammenbild betrachten.
- Den Vorgang beobachten, beschreiben und erklären.

- Die Brennerflamme löschen.
- Jetzt sehr zügig arbeiten:
 - Die Tiegelzange mit dem Kupferdrahtnetz in die („ungeschicktere“) Hand nehmen.
 - Den Gashahn öffnen, das Drahtnetz ca. 5 cm oberhalb des Brennerschornsteins positionieren, den Holzspan an der Kerzenflamme entzünden und damit sofort das brennbare Gas **oberhalb** des Drahtnetzes entzünden.
 - Das Flammenbild betrachten.
 - Danach das brennbare Gas **unterhalb** des Drahtnetzes entzünden.
 - Das Flammenbild betrachten.
- Den Vorgang evtl. wiederholen.
Dabei das Drahtnetz nicht zu lange der Flamme aussetzen. Ist das Drahtnetz zu heiß geworden, muss es erst wieder abkühlen, damit das Experiment gelingt!

- Kerzenflamme und Brennerflamme löschen. Das heiße Drahtnetz auf einer wärmeisolierenden Unterlage ablegen und abkühlen lassen.
- Die Beobachtungen beschreiben und erklären.

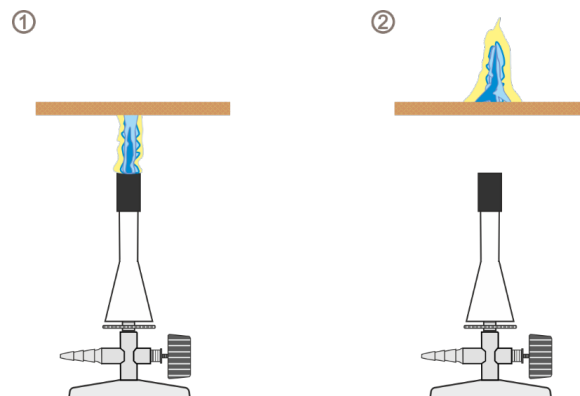


Abb.: 32 Wirkung von Flammenschutzsieben

6.5. Abhängigkeit der Verbrennung von der Entzündungstemperatur

Geräte: Stativmaterial mit Stativring, Konservendosendeckel, Gasbrenner, Zündmittel

GHS01	GHS02	GHS03	GHS04	GHS05	GHS06	GHS07	GHS08	GHS09

Chemikalien: Papier, Watte, 1 Streichholz

Durchführung:

Zugluft vermeiden!

- Einen Stativring am Stativ fixieren.
- Auf den Stativring einen Konservendosendeckel legen.
- Den Gasbrenner probeweise unter den Stativring stellen und die Stellung des Kochrings so regulieren, dass sich der Konservendosendeckel künftig etwa 4 cm oberhalb der Kegelspitze der rauschenden Brennerflamme befindet. Den Brenner danach wieder zur Seite stellen.
- Von einem Streichholz den Kopf abbrechen.
- Auf den Konservendosendeckel den Streichholzkopf und zwei weitere Stoffproben so anordnen, dass sie sich beim Entflammen nicht gegenseitig entzünden. Die einzelnen Stoffproben sollten **auf der innersten Kreis-Prägung des Konservendosendeckels** positioniert werden.
- **Außerhalb der Apparatur** den Brenner entzünden und die rauschende Flamme einstellen.
- Zügig die rauschende Brennerflamme genau unter dem Kreismittelpunkt des Konservendosendeckels positionieren.
- Beobachten und die Entzündungsreihenfolge der Stoffe notieren. Danach den Brenner sofort löschen.
- Anhand der Reihenfolge des Aufflammens der einzelnen Stoffproben auf ihre Entzündungstemperatur schließen. Beobachtungen erklären.

Hinweis:

Entzündungstemperaturen: Streichholzkopf 60°C, Papier 250°C, Holz (trocken) 300°C

Flüssige Stoffe oder Stoffe, die sich beim Erwärmen verflüssigen (z.B. Kerzenwachs), sollten nicht untersucht werden.

Entsorgung: Die Apparatur gut auskühlen lassen und danach die Reste verwerfen.

6.6. Entflammbarkeit von Vergaserkraftstoff (Demoversuch)

Geräte: 2 DreifüÙe, 2 Porzellanschalen, 2 Keramikdrahtnetze oder Konservendosendeckel zum Abdecken, Gasbrenner, Zündmittel

GHS01	GHS02	GHS03	GHS04	GHS05	GHS06	GHS07	GHS08	GHS09

Chemikalien: Diesekraftstoff [GHS02; GHS08; GHS07; GHS09],
Ottokraftstoff [GHS02; GHS07; GHS08; GHS09]

Durchführung:

Unbedingt im Abzug arbeiten!

- Die Porzellanschalen auf den DreifüÙen positionieren.
- In eine der Porzellanschalen eine kleine Menge Ottokraftstoff und in die andere eine kleine Menge Diesekraftstoff geben.
- Mit einer Zündflamme nähert man sich den Proben von oben und versucht, sie zu entzünden.
- Gelingt dies bei Zimmertemperatur nicht, erhitzt man die Probe von unten mit dem Brenner so lange, bis sie sich entzünden lässt.
- Die brennenden Proben jeweils durch Auflegen des Deckels oder Drahtnetzes löschen.
- Beobachten. Beobachtungsergebnisse fixieren und erklären.

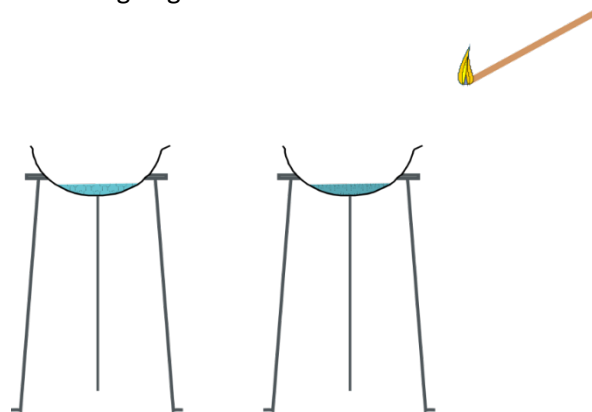


Abb.: 33 Flammpunkte brennbarer Flüssigkeiten

Entsorgung: Reste im Abzug geordnet abbrennen oder Reste abgedeckt im Abzug gut auskühlen lassen und anschließend im Behälter für organische Lösungsmittel sammeln.

6.7. Ausbreitung brennbarer Dämpfe von leichtentzündlichen Flüssigkeiten (Demoversuch)

Geräte: Schlauch (l=5 m; d=5 cm), für den Schlauch passenden Metalltrichter, Kerze, Lappen, Tiegelzange, Metallschale mit feuerfester Abdeckung, Löschdecke, Stativmaterial

GHS01	GHS02	GHS03	GHS04	GHS05	GHS06	GHS07	GHS08	GHS09

Chemikalien: Reinigungsbenzin [GHS02, GHS07, GHS08, GHS09]

Durchführung:

- Den Schlauch wie in der Abbildung aufbauen. (Ist der Schlauch lang genug, kann ein Looping wie in der Abbildung dargestellt gelegt werden. Der Trichter muss beim Aufbau immer höher positioniert sein als der höchste Punkt des Loopings. Die in der Geräteauflistung angegebenen Maße des Schlauches sind Richtwerte. Die Länge kann durchaus abweichen, einen geringeren Durchmesser sollte der Schlauch allerdings nicht haben.)

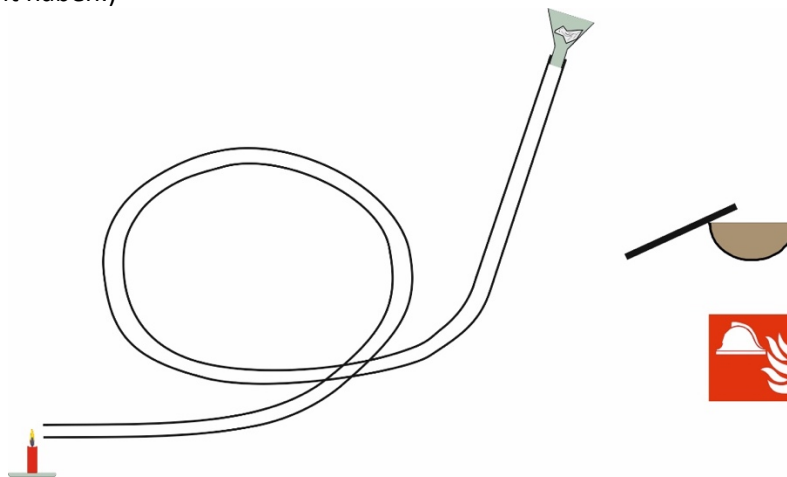


Abb.: 34 Feuerschlauch

- Am oberen Ende des Schlauches den Metalltrichter anbringen, an dem unteren Ende eine Kerze positionieren.
- In der Nähe des Metalltrichters die Eisenschale mit feuerfester Abdeckung aufstellen und eine Löschdecke griffbereit legen. (Es besteht die Möglichkeit, dass bei dem Experiment unkontrolliert Flammen austreten, daher ist es ratsam eine Löschdecke zur Sicherheit unmittelbar griffbereit zu haben.)
- Die am unteren Ende des Schlauches positionierte Kerze anzünden.
- Den Lappen mit etwas Reinigungsbenzin tränken und ihn anschließend sofort mit Hilfe einer Tiegelzange in den Metalltrichter legen. (Den Vorratsbehälter des Reinigungsbenzins in ausreichendem Sicherheitsabstand abstellen.)
- Kerzenflamme beobachten.
- Den brennenden Lappen mit der Tiegelzange in die Eisenschale legen und die Flammen mit der feuerfesten Abdeckung ersticken.

Entsorgung: entfällt.

6.8. Entzünden von Eisen und Eisenwolle (Demoversuch)

Geräte: Nicht brennbare, wärmeisolierende Unterlage, Batterieblock (9V), Tiegelzange oder Pinzette, Porzellanschale, Abfallglas mit Leitungswasser

GHS01	GHS02	GHS03	GHS04	GHS05	GHS06	GHS07	GHS08	GHS09

Chemikalien: Eisenwolle, Eisennagel oder Eisenblech, Leitungswasser

Durchführung:

- Auf einer nicht brennbaren, wärmeisolierenden Unterlage eine Portion Eisenwolle großflächig ausbreiten.
- Daneben einen Eisennagel oder ein Eisenblech positionieren.
- Gleichzeitig mit beiden Polen des Batterieblocks mehrmals auf den Eisennagel oder das Blech tupfen; anschließend an verschiedenen Stellen auf die Eisenwolle tupfen.
- Beobachten, beschreiben und erklären.

Entsorgung: Die Reste der Eisenwolle locker in eine Porzellanschale legen, mit Wasser bedecken und mehrere Tage liegen lassen, bis sie völlig durchgerostet ist. Anschließend das Wasser abgießen und verwerfen. Die verrosteten Reste der Eisenwolle im grauen Müll entsorgen.

6.9. Mehlstaubverpuffung (Demoversuch)

Geräte: Rezipientenglocke, Stativmaterial, Kerze auf gebogenem Verbrennungslöffel, Trichter, Lochstopfen, Schlauchmaterial, als Mundstück geeignetes sauberes kurzes Glasrohr oder Papphülse;
außerdem: 1 Porzellanschale, 1 Spatellöffel, 1 Becherglas (250 ml), 1 Pulvertrichter mit anschlussfähigem langem Glasrohr zum Befüllen (z.B. Verbrennungsrohr), Zündmittel
Für die Variante: Plexiglasgefäß mit Deckel, Porzellantiegel, Standkerze, Luftballonpumpe

GHS01	GHS02	GHS03	GHS04	GHS05	GHS06	GHS07	GHS08	GHS09

Chemikalien: Mehl (3 Teile), Bärlappsporen (1 Teil), gut in der Porzellanschale vermengen

Durchführung:

VORSICHT, Verpuffung! Verbrennungsgefahr! Schutzbrille tragen!

- In eine Rezipientenglocke mittels Lochstopfen einen Trichter montieren.
- An das Trichterrohr einen etwa 1 m langen Schlauch montieren.
- Die Rezipientenglocke mit der Öffnung nach oben am Stativ fixieren und **standsicher aufstellen**. Auf ausreichenden Sicherheitsabstand nach oben achten! **Nicht unter brennbaren Deckenverkleidungen, Elektroinstallationen und Lampen positionieren!**

- Mehl (etwa 2-3 Esslöffel voll) in eine Porzellanschale füllen und die Oberfläche mit einer Zündflamme bestreichen.
- Beobachten und beschreiben.

- Eine adäquate Mehlmenge in ein Becherglas geben, evtl. mit einer Portion Bärlappsporen anreichern und über einen Pulvertrichter mittels langen Glasrohrs in den Trichter einfüllen. Der Trichter sollte völlig mit Mehl gefüllt sein.
- Eine an einem Draht oder Verbrennungslöffel montierte Kerze so in die Rezipientenglocke einhängen, dass sich die Kerzenflamme in Höhe des mehlgefüllten Trichters befindet. Nach erprobter Montage die Kerze entzünden, einhängen und ruhig brennen lassen.
- An das Schlauchende ein Mundstück anbringen und durch wohldosiertes Hineinpusten Mehlstaub aufwirbeln. Falls die Kerzenflamme vorzeitig verlöschen sollte, ist sie erneut zu entzünden.
- Beobachten, beschreiben, erklären.

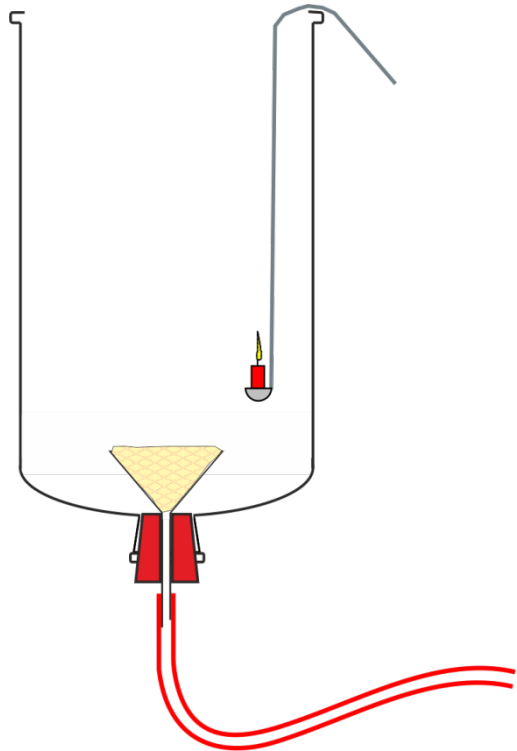


Abb.: 35 Mehlstaubverpuffung in Rezipientenglocke

Variante:

- Die Luftballonpumpe an die Außenseite des Glasrohres montieren.
- Den Tiegel mit Mehl-Bärlappsporengemisch füllen.
- Eine Standkerze anzünden und neben dem Tiegel in dem Gefäß positionieren.
- Das Plexiglasgefäß mit dem Deckel verschließen.
- Mit einem kurzen, aber schnellen Hub an der Luftballonpumpe das Gemisch im dem Tiegel aufwirbeln.
- Beobachten, beschreiben, erklären.

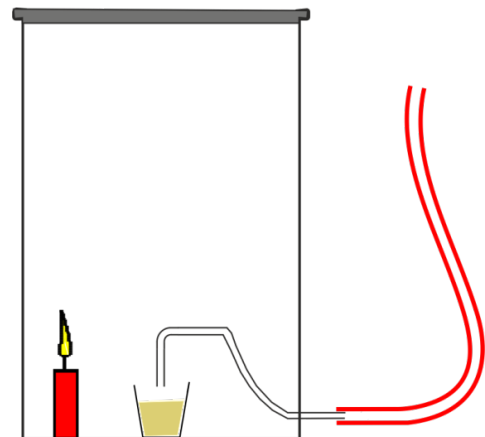


Abb.: 36 Mehlstaubverpuffung in Plexiglasgefäß mit Decke

Entsorgung: Mehltreue verwerfen.

6.10. Löschen eines Fettbrandes (Demoversuch)

Geräte: Stativmaterial, Tondreieck, Stativring, Eisentiegel, Gasbrenner, altes Keramikdrahtnetz oder Konservendosendeckel zum Abdecken, Tiegelzange, Spritzflasche mit Wasser, Zündmittel

GHS01	GHS02	GHS03	GHS04	GHS05	GHS06	GHS07	GHS08	GHS09

Chemikalien: Speiseöl, Wasser

Durchführung:

VORSICHT, sehr heftige Verbrennung, hohe Stichflamme! Unbedingt im Abzug oder hinter einer Schutzscheibe arbeiten! Auf ausreichenden Sicherheitsabstand - besonders auch zur Raumdecke - achten! Niemals in niedrigen Räumen mit leicht entflammbarem Deckenmaterial und Wandverkleidungen arbeiten! Schutzbrille und Schutzkittel tragen!

- Einen Stativring am Stativ fixieren, ein Tondreieck auflegen und darin einen Eisentiegel sicher einlegen.
- Den Stativring so positionieren, dass sich der Boden des Eisentiegels später etwa 3 cm oberhalb der Kegelspitze der rauschenden Brennerflamme befindet.
- Den Tiegel maximal zur Hälfte mit Salatöl befüllen (etwa 4-5 ml = „1 Fingerhut voll“). **Achtung, das Öl vergrößert beim Erwärmen sein Volumen erheblich! Deshalb niemals den Eisentiegel vollständig mit Öl befüllen!**
- Außerhalb der Apparatur den Brenner entzünden, die rauschende Flamme einstellen und damit das im Tiegel befindliche Öl so lange erhitzen, bis es raucht und sich schließlich von selbst entzündet.
- Den Brenner entfernen und löschen.
- Die Schutzscheibe absenken und alle nötigen Schutzmaßnahmen ergreifen. Eine seitliche geschützte Position beziehen.
- Aus sicherer Entfernung vorsichtig ein paar Tropfen Wasser in das brennende Öl spritzen. **VORSICHT, hohe Stichflamme! Gefahr von herabtropfendem, brennendem Öl.**
- Das brennende Öl schließlich durch Abdecken mit dem Konservendosendeckel oder dem Keramikdrahtnetz löschen.

Entsorgung: Öl und Apparatur gründlich abkühlen lassen!
 Ölreste mit Zeitungspapier oder Papierhandtüchern aufnehmen und das fettige Papier im grauen Müll entsorgen. Den Eisentiegel reichlich mit Kochsalz ausstreuen und mit Zeitungspapier oder Papier-Küchentüchern kräftig ausreiben. Das verunreinigte Stativmaterial ebenso reinigen. Um das Verrosten zu vermeiden und eine gute Reinigungswirkung zu erzielen, hierbei möglichst kein Wasser verwenden! Es ist zweckmäßig, die verunreinigte Tischplatte zunächst ebenfalls mit Kochsalz zu reinigen und anschließend mit warmer Spülmittellösung nachzuwaschen.

Abbildungsverzeichnis:

Titelbild: Joachim Schulik

Abbildungen, soweit nicht anders angegeben, von H. Barth (2018).

Abb.: 1 Brennerarten	13
Abb.: 2 Flammentypen	14
Abb.: 3 Temperaturzonen in der Brennerflamme	14
Abb.: 4 Spiritusbrenner	16
Abb.: 5 Untersuchen der Temperaturzonen	17
Abb.: 6 Rundschmelzen der Schnittkanten	18
Abb.: 7 Ziehen von Pipettenspitzen	19
Abb.: 8 Biegen eines Glasrohrwinkels	20
Abb.: 9 Schärfen eines Stopfenbohrers	21
Abb.: 10 Stopfenbohren	21
Abb.: 11 Stoffgemisch mörsern	23
Abb.: 12 Herstellen einer Lösung	23
Abb.: 13 Herstellen einer Aufschlammung	24
Abb.: 14 Dekantieren	24
Abb.: 15 Falten eines Kegelfilters (Quelle: Meyendorf, Gerhard. Chemische Schulexperimente. Frankfurt/Main Verlag Harri Deutsch - Thun, 1983. Bde. Band 1 - Geräte, Chemikalien und Arbeitstechniken. ISBN 3-87144-485-5).....	25
Abb.: 16 Falten eines Faltenfilters (Quelle: Meyendorf, Gerhard. Chemische Schulexperimente. Frankfurt/Main: Verlag Harri Deutsch - Thun, 1983. Bde. Band 1 - Geräte, Chemikalien und Arbeitstechniken. ISBN 3-87144-485-5.).....	25
Abb.: 17 Filtration.....	25
Abb.: 18 Einfache Destillation.....	26
Abb.: 19 Eindampfen auf Objektträger.....	27
Abb.: 20 Papierchromatographie.....	31
Abb.: 22 Geheimschrift (Foto H. Barth; 2001)	32
Abb.: 23 Gelöste Luft in Wasser.....	41
Abb.: 24 Seifenschiffchen (Foto H. Barth, 2001)	43
Abb.: 25 Beseitigung von Ölverschmutzungen	45
Abb.: 26 Kies und Sand Filter	46
Abb.: 20 Modellexperiment Hochofen	49
Abb.: 21 Hochofen (Foto Joachim Schulik)	51
Abb.: 31 Tochterflamme	53
Abb.: 32 Ableiten brennbarer Dämpfe aus der Kerzenflamme (Foto H. Barth 2001)	53
Abb.: 33 Ableiten der Dämpfe aus der hellen Zone der Kerzen-flamme (Foto H. Barth, 2001)	54
Abb.: 34 Wirkprinzip Flammenfalle (Foto H. Barth 2001)	54
Abb.: 35 Wirkung von Flammenschutzsieben	55
Abb.: 36 Flammpunkte brennbarer Flüssigkeiten	57
Abb.: 37 Feuerschlauch	58
Abb.: 38 Mehlstaubverpuffung in Rezipientenglocke	60
Abb.: 39 Mehlstaubverpuffung in Plexiglasgefäß mit Decke.....	60

Quellenverzeichnis

GROB, P.: Einfache Schulversuche zu Lebensmitteln. Aulis Verlag Deubner & Co KG, Köln 1992

Praktikum, Chemische Schulexperimente, Aufbaupraktikum CSE 2 Realschule (S I), Internes Ausbildungsmaterial, Pädagogische Hochschule Halle-Köthen, Lehrbereich Chemiedidaktik, Februar 1992

Chemische Schulexperimente, Band 4. Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1977

Chemie für Gymnasien, Themenheft 3 „Organische Chemie“: Organische Säuren, Kohlehydrate, Cornelsen Verlag, Berlin 1994

Vgl.: Internetseite des Institutes für Didaktik der Chemie II an der Universität Bielefeld (Stand Januar 2001). <http://dc2.uni-bielefeld.de/dc2>

Abbildung auf dem Titelblatt: Hochofenanlage aus:

<https://pixabay.com/de/architektur-stahlwerk-fabrikgeb%C3%A4ude-2605057/> [Zugriff 28.02.2018]