



IMST – Innovationen machen Schulen Top

Kompetent durch praktische Arbeiten – Labor, Werkstätte & Co

EXPERIMENTALAUFGABEN IM CHEMIEUNTERRICHT DER SEKUNDARSTUFE

ID 1506

Elisabeth Niel

BG, BRG, wkRG Wien 13, Wenzgasse

1130 Wien, Wenzgasse 7

Wien, Juli 2015

INHALTSVERZEICHNIS

ABSTRACT	3
1 EINLEITUNG	4
1.1 Erfahrungen mit Experimentalaufgaben im Chemieunterricht.....	4
1.1.1 Experimentalaufgaben im Unterricht der 4. Klasse (8. Schulstufe)	5
1.1.2 Experimentalaufgaben im Unterricht der 7. Klasse (11. Schulstufe)	5
2 ZIELE	7
2.1 Ziele auf Schüler/-innenebene.....	7
2.2 Ziele auf Lehrer/-innenebene.....	7
2.3 Verbreitung der Projekterfahrungen.....	8
3 DURCHFÜHRUNG	9
3.1 Experimente in den 4. Klassen.....	9
3.1.1 Experimente 1: Chemische Bindungen.....	9
3.1.2 Experimente 2: Säuren und Laugen	10
3.1.3 Experimente 3: Alkohole.....	11
3.1.4 Experimente 4: Bestimmen von Kohlenhydraten.....	13
3.2 Experimente in den 7. Klassen	14
3.2.1 Experimente 1: Trennmethoden – Chromatographie.....	14
3.2.2 Experimente 2: Atombau, Stoffeigenschaften.....	16
3.2.3 Experimente 3: Säuren und Laugen, pH – Wert, Neutralisation	16
3.3 Das chemische Praktikum in den 7. Klassen:	17
4 EVALUATIONSMETHODEN	19
5 ERGEBNISSE	20
5.1 Experimentalaufgaben in den 4. Klassen:	20
5.2 Experimentalaufgaben in den 7. Klassen	24
5.3 Chemisches Praktikum	27
6 DISKUSSION UND INTERPRETATION	30
6.1 Zu den Zielen auf Schüler/-innenebene	30
6.2 Zu den Zielen auf Lehrer/-innenebene	30
6.3 Zur Verbreitung der Projekterfahrungen	31
7 REFLEXION UND AUSBLICK	32
8 LITERATUR	34

ABSTRACT

Experimentalaufgaben im Chemieunterricht sind in verschiedenen Formen anzutreffen: es sind chemische Experimente, die von den Schülerinnen und Schülern zum besseren Verständnis von Lehrinhalten erprobt werden, es sind Aufgaben, deren Lösung mit Experimenten zu ermitteln ist und es sind Aufgaben, in denen Versuchsbeschreibungen den Lösungsweg weisen.

Experimentieren braucht Zeit; es erfordert Geschick, Wissen, Kombinationstalent und Leistungsbereitschaft des Schülers und der Schülerin.

In der vorliegenden Arbeit wird anhand konkreter Beispiele gezeigt, auf welche Weise chemische Experimente im Unterricht der Sekundarstufe I und II ihren Platz finden und wie die praktischen Leistungen der Schülerinnen und Schüler bewertet werden können.

Schulstufen:	8 und 11
Fach:	Chemie
Kontaktperson:	Mag. Dr. Elisabeth Niel
Kontaktadresse:	Wenzgasse 7, 1130 Wien
Zahl der beteiligten Klassen:	4
Zahl der beteiligten Schüler/-innen:	70

Urheberrechtserklärung

Ich erkläre, dass ich die vorliegende Arbeit (=jede digitale Information, z.B. Texte, Bilder, etc.) selbstständig angefertigt und die mit ihr unmittelbar verbundenen Tätigkeiten selbst erbracht habe. Alle ausgedruckten, ungedruckten oder dem Internet im Wortlaut oder im wesentlichen Inhalt übernommenen Formulierungen und Konzepte sind zitiert und durch genaue Quellenangaben gekennzeichnet. Ich bin mir bewusst, dass eine falsche Erklärung rechtliche Folgen haben wird. Diese Erklärung gilt auch für die Kurzfassung dieses Berichts, sowie eventuell vorhandene Anhänge.

1 EINLEITUNG

Das Experimentieren ist ein unverzichtbarer Bestandteil des Chemieunterrichts.

Seit fast zehn Jahren ist ein „chemisches Praktikum“ im Chemieunterricht des Realgymnasiums meiner Schülerinnen und Schüler in der 7. und 8. Klasse (11. und 12. Schulstufe) fix verankert. [vgl. MNI 331 (2006) und MNI 717 (2007)]. In ähnlicher Weise versuche ich, auch im Unterricht der 4. Klasse (8. Schulstufe) Praxisschwerpunkte zu setzen. [vgl. IMST 746 (2012)]

Für das Praktikum in den Oberstufenklassen (Sekundarstufe II) werden etwa 30 % der Unterrichtsstunden zur Verfügung gestellt, d. h. meist eine von drei Chemiestunden wird als Laborstunde gestaltet. In den 4. Klassen sind die Schülerexperimente in den Unterrichtsverlauf eingebaut und beanspruchen ungefähr 10 – 25 % der Unterrichtszeit.

In allen Schulstufen erfolgt das Experimentieren begleitend zum Lehrstoff und dient der Verknüpfung von Theorie und Praxis.

In der vorliegenden Arbeit werden anhand ausgewählter Versuche die durch Experimentieren erbrachten Leistungen und deren Bewertung aufgezeigt.

Die beiden 4. Klassen sind RG-Klassen mit 23⁴ bzw. 14⁵ (Mädchen als Hochzahl) Schüler/-innen. Auch die zwei 7. Klassen sind RG-Klassen, eine Klasse mit Darstellender Geometrie (12³) und eine mit naturwissenschaftlichem Schwerpunkt (21³).

Eine spezielle Situation der beiden 4. Klassen in diesem Schuljahr (2014/15) ergab sich erst nach Schulbeginn. Der VCÖ (Verein der ChemielehrerInnen Österreichs) lud wiederum zur Beteiligung beim Projektwettbewerb ein. Eine Teilnahme bedeutet, dass eine Projektarbeit erstellt werden muss, um die Projekthilfen – sehr brauchbares Material für den Unterricht – behalten zu dürfen. In der Projektarbeit werden zu einem gewählten Thema von den Schülerinnen und Schülern Experimente selbst erarbeitet und dokumentiert und Beiträge aus dem Umfeld des Themas gestaltet. Exkursionen, die mit dem Projektthema in Zusammenhang stehen, Präsentationen im Rahmen der Schule und deren Dokumentation sind weitere wichtige Teile der Projektarbeit. Zu Schulbeginn erzählte ich meinen 4. Klasse-Schüler/-innen von der Möglichkeit der Teilnahme am Projektwettbewerb. Beide Klassen wollten sofort mitmachen und einigten sich sehr schnell auf ihre Klassenthemen, nämlich Kosmetik und Kunststoffe.

Wir nahmen also am 13. Projektwettbewerb des VCÖ teil. Für die in Aussicht genommenen Experimente mussten die Schüler/-innen im Blitztempo experimentelle Grundkompetenzen erwerben. Die Versuche für die Projektarbeit begannen im Dezember und nahmen viele Unterrichtsstunden in Anspruch, sodass das Experimentieren, das begleitend zum Lehrstoff ursprünglich am Programm stand, gekürzt werden und mit weniger Unterrichtszeit auskommen musste.

Anfang März beendeten wir die Projektarbeit, schickten sie ein und gewannen einen Sonderpreis.

1.1 Erfahrungen mit Experimentalaufgaben im Chemieunterricht

Im Laufe der letzten Jahre konnte ich für das Experimentieren im Unterricht Erfahrungen sammeln: heute habe ich einen Grundstock an bewährten Experimenten, der aktuell an die jeweilige Klassensituation angepasst wird. Ebenso sammelten sich geeignete Aufgaben an, die vor jedem neuerlichen Einsatz in gleicher Weise überprüft werden. Diese Aufgaben sind einerseits Experimentalaufgaben, die im Rahmen einer Wissensüberprüfung von dem/der Schüler/in durchzuführen sind, andererseits werden in den Beispielen in einem neuen Kontext Experimente geschildert bzw. die Ergebnisse angegeben. Die Vertrautheit mit dem virtuellen Experiment ist für eine erfolgreiche Bearbeitung einer Aufgabe entscheidend.

Beim Experimentieren arbeiten die Schüler/-innen in Kleingruppen. In den 4. Klassen arbeiten sie zu dritt, in den 7. Klassen zu zweit. Die 7. Klasse mit nw-Schwerpunkt konnte in diesem Schuljahr mit Hilfe schulautonomer Werteinheiten für das Praktikum in zwei Gruppen, 10 und 11 Schüler/-innen, geteilt werden. Die Gruppen hatten 14-tägig eine Doppelstunde chemisches Praktikum.

Die Versuchsprotokolle werden in den 4. Klassen ins Chemieheft eingetragen. Die Heftführung wird als Mitarbeitungsleistung gewertet, entscheidend sind dabei Vollständigkeit, Richtigkeit und Übersichtlichkeit.

In den 7. Klassen gibt es eigene Praktikumshefte. Die Protokolle sollen für jeden Versuch Datum, Thema, eine kurze Beschreibung der Durchführung, Ergebnisse und deren Interpretation enthalten. Vollständige Protokolle werden mit einem Datumsstempel und meiner Unterschrift (Namenskürzel) versehen. Unvollständige Protokolle werden mit „Wp“, d. h. „fehlerhaftes oder unvollständiges Protokoll“ oder mit „W“, d. h. „Versuchsergebnis ist falsch“ versehen und den Schüler/-innen zur Korrektur übergeben. Für die Leistungsbeurteilung werden nur die vollständigen, d. h. die „gestempelten Protokolle“ herangezogen.

1.1.1 Experimentalaufgaben im Unterricht der 4. Klasse (8. Schulstufe)

Die Wahl und die Durchführung der Experimente für die Schüler/-innen der 4. Klassen orientieren sich an der Unverbindlichen Übung „Experimente“, die an unserer Schule fixer Bestandteil der Wahlfächer ist [vgl. „Experimente“ – UÜ für die 5. bis 7. Schulstufe, MNI 152 (2005), IMST 1533 (2009) und IMST 1816 (2010)].

In den Experimentiergruppen werden Ämter wie ‚Material organisieren‘, ‚protokollieren‘, ‚wegräumen‘... an die Mitglieder übertragen.

Das Experimentieren in den Kleingruppen erfolgt zunächst nach Instruktion, Vorschläge zur Protokollerstellung für das Chemieheft werden gemeinsam erarbeitet (z. B. Skizzen des Versuchsaufbaus, Tabellen, ... Reaktionsabläufe...). Nach Möglichkeit erfolgt anschließend freies, selbstständiges und weiterführendes Experimentieren.

Ein Beispiel ist: Wie könnte das wirkungsvollste Entkalkungsmittel zusammengesetzt sein?

Oder: Wie viele Nährstoffe enthält ein Fruchtemüsli wirklich?

1.1.2 Experimentalaufgaben im Unterricht der 7. Klasse (11. Schulstufe)

In diesem Schuljahr konnte das Praktikum (bedingt durch den Stundenplan) regelmäßig durchgeführt werden. Die 7. Klasse mit DG hatte jede Woche eine Praktikumsstunde, die beiden Gruppen der 7. Klasse, nw, die schon erwähnte 14-tägige Doppelstunde am Nachmittag.

Die Schüler/-innen arbeiten meist zu zweit oder auch allein, wenn die Gesamtschülerzahl ungerade ist. Jede/r Schüler/in führt ein eigenes Protokollheft, das auch individuell korrigiert und bewertet wird. (s. o.)

Die Schüler/-innen experimentieren vorwiegend nach Instruktion; Geräte und deren Funktion werden vor der praktischen Arbeit erklärt. Das Versuchsmaterial für alle Gruppen wird übersichtlich hergerichtet, die Schüler/-innen suchen das Material für ihre Gruppe selbst aus und müssen auf seine Vollständigkeit achten.

Einige Experimente, z. B. Säure – Base – Indikatoren, sind als Lehrereperiment aus dem Vormittagsunterricht bekannt. Sie werden von den Schüler/-innen im Praktikum nachgearbeitet und weitergeführt (z. B. Bestimmen des pH-Wertes von Alltagsmaterialien. Oder: Welche Reinigungsmittel sind bei verstopften Abflüssen einsetzbar?).

Es hat sich für die Schüler/-innen als hilfreich (resp. notwendig) erwiesen, Anleitungen zur Protokollgestaltung auf dem Overheadprojektor zu entwickeln. Vorschläge dazu werden gemeinsam erarbeitet: Datum, Thema, Kurzbeschreibung, einfache Skizzen, Tabellen, Diagramme, Reaktionsgleichungen, ... und sind während des Praktikums präsent.

Eine Hilfestellung bei der Auswertung eigener Ergebnisse erfolgt in der Weise, dass der Lösungsweg beispielhaft an einem Ergebnis von Schüler/-innen aufgezeigt wird. Die eigenen Ergebnisse des Experimentes müssen von der Kleingruppe, bzw. von jedem/r Einzelnen selbstständig ausgewertet werden.

2 ZIELE

Experimente im Chemieunterricht und in verstärktem Maß das selbstständige Experimentieren sind bei Schüler/-innen beliebt (vgl. u. a. IMST 746).

Das Experimentieren in Schülergruppen erfordert eine Umgestaltung des gewohnten Unterrichtsverlaufs und eine genaue Planung, damit die Unterrichtszeit bestmöglich genutzt wird. Beim Experimentieren lernen die Schüler/-innen, meist unbewusst, sehr viel: Aufbauen von Apparaturen, die bestimmte Funktionen erfüllen müssen, Reaktionen planen und durchführen, genau beobachten, Schlüsse daraus ziehen, und vieles mehr. Der Praktikumsbetrieb ist von anderen Regeln bestimmt als der Unterricht, er wird von den Schüler/-innen als angenehm empfunden, aber leider nicht immer ernst genommen. Ich führe das auf die (übliche) Einstellung unserer Schüler/-innen zurück, dass nur das ernst zu nehmen ist, das sich unmittelbar auf Zeugnisnoten auswirkt. Die nur schwer zu definierende Mitarbeit im Praktikum, das „Fehler machen dürfen“, sich Zeit fürs Beobachten nehmen – allesamt wenig transparente Anteile in der Leistungsbeurteilung - bringen es mit sich, dass die Praxis im Chemieunterricht zu wenig ernst genommen wird und dadurch nicht den Stellenwert einnimmt, der ihr gebührt.

Aufbauend auf der Beliebtheit des chemischen Experimentierens soll der Stellenwert der Praxis im Chemieunterricht verbessert werden. Eine klare Berücksichtigung in der Leistungsbeurteilung könnte ein Schritt dorthin sein.

In der vorliegenden Arbeit werden einerseits Experimentalbeispiele mit ihrer Dokumentation, also reale Experimente, vorgestellt. Andererseits werden Aufgaben mit experimentellem Hintergrund, also virtuelle Experimente, vorgestellt, die in Wissensüberprüfungen eingebaut wurden. Die Berücksichtigung beider Arten von Experimentalaufgaben in der Leistungsbeurteilung wird aufgezeigt.

Eine deutliche und transparente Berücksichtigung der praktischen Arbeit in der Leistungsbeurteilung soll die Bedeutung des Experimentierens im Chemieunterricht stärken.

2.1 Ziele auf Schüler/-innenebene

1. Die Schülerinnen und Schüler sollen selbstständig, ihnen bekannte und erprobte Experimente in neuen Kontexten durchführen können.
2. Die Schülerinnen und Schüler sollen Aufgaben, die bekannte Experimente als Grundlage haben, erfolgreich bearbeiten können.
3. Die Schülerinnen und Schüler sollen „gute Praxis“ im chemischen Labor erwerben. Sie sollen Geräte, Materialien, Laborregeln, Sicherheitserfordernisse kennen und beachten. Sie sollen selbstständig Versuche konzipieren, durchführen und auswerten können sowie den Arbeitsplatz in Ordnung halten können.
4. Den Schülerinnen und Schülern soll eine transparente Leistungsbeurteilung ihrer praktischen Tätigkeiten bekannt sein.

2.2 Ziele auf Lehrer/-innenebene

1. Zusammenstellung von Experimenten und Experimentalaufgaben für Kleingruppen von Schüler/-innen, die in den Chemieunterricht integriert und als Mitarbeitersleistung bewertet werden können.
Die Aufgaben müssen so konzipiert sein, dass sie in einer Unterrichtsstunde durchgeführt werden können. Vorbereitung, Beaufsichtigung der Schüler/-innen bei der Durchführung,

Nachbereitung und Materialbereitstellung müssen von einer Lehrperson bewältigt werden können. (8. Schulstufe)

2. Zusammenstellung von Experimenten und Experimentalaufgaben für Kleingruppen von Schüler/-innen, die im Praktikumsunterricht durchgeführt und protokolliert werden. Einführen eines Bewertungsschlüssels für die durchgeführten Experimente und seine Berücksichtigung bei der Leistungsbeurteilung. (11. Schulstufe)
3. Zusammenstellen von Aufgaben mit experimentellem „Hintergrund“ (virtuelle Experimente) für Wissensüberprüfungen für die 8. und 11. Schulstufe.

2.3 Verbreitung der Projekterfahrungen

1. Das Experimentalseminar an der PH Wien: „Aufgaben im Chemieunterricht, die auf die neue Reifeprüfung vorbereiten“ enthält auch Experimentalaufgaben; Vorlagen zu diesen Aufgaben waren die Erfahrungen aus dem eigenen Unterricht: Experimentalaufgaben und Experimente in Aufgaben müssen den Schüler/-innen vertraut sein; nur dann können sie neue, unbekannte Aufgaben lösen.
Zusammenstellung von Aufgaben für die Reifeprüfung, die (einfach) durchzuführende Experimente, bzw. Aufgaben mit experimentellem „Hintergrund“ (virtuelle Experimente) enthalten.
2. Experimentalworkshop am 13. ChemielehrerInnenkongress 2015 in Innsbruck: „Die vielen Seiten von einfachen Versuchen“ - Grundlagen für diesen Workshop waren wiederum Erfahrungen aus dem eigenen Unterricht. Das Seminar sollte Lust aufs „Selber durchführen“ machen.
Zusammenstellung von sog. „einfachen“ Versuchen, die beim näheren Hinsehen gar nicht so einfach sind. Z. B. können Versuche mit Rotkraut im naturwissenschaftlichen Unterricht vom Kindergarten bis zur Sekundarstufe II bzw. bei Maturafragen zum Einsatz kommen.

3 DURCHFÜHRUNG

Nach einer Einführung ins Fachgebiet der Chemie waren in den 4. und 7. Klassen sehr bald die ersten Praxiseinheiten am Programm. Die Schülerinnen und Schüler sollten langsam zum praktischen Arbeiten geführt werden. Für fast alle Schüler/-innen der 4. Klassen waren chemische Experimente unbekannt, nur wenige besuchten die chemischen Experimente. Die meisten Schüler/-innen der 7. Klassen unterrichtete ich bereits in der Unterstufe und ich hoffte, dass ihnen einige Experimente bzw. Arbeitsweisen noch vertraut waren.

In den nachstehenden Abschnitten werden ausgewählte Experimente aus dem Unterricht der 4. und 7. Klassen beschrieben und die entsprechenden Aufgaben in den Wissensüberprüfungen angeführt.

Einige der Aufgaben haben sich seit Jahren als Experimental- und Prüfungsaufgaben bewährt, manche Aufgaben sind in diesem Schuljahr neu dazugekommen.

Ein wichtiger Punkt bei den Prüfungs- bzw. Überprüfungsaufgaben ist ein klarer Bewertungsschlüssel, sodass die Leistungen der Schüler/-innen vergleichbar sind.

3.1 Experimente in den 4. Klassen

3.1.1 Experimente 1: Chemische Bindungen

Die Modelle der chemischen Bindungen wurden im Unterricht vorgestellt, die Eigenschaften der entsprechenden Verbindungen überlegt, mit Alltagserfahrungen in Einklang gebracht und ausführlich besprochen.

Ziel des Experimentes:

Es soll gezeigt werden, dass die elektrische Leitfähigkeit von Stoffen, deren Lösungen oder Schmelzen einen Hinweis auf die vorliegende chemische Bindung darstellt.

Für die Schüler/-innen wurde eine Schaltskizze auf Overheadfolie gezeichnet, die verwendeten Schaltsymbole wurden erklärt. Ein Vorschlag zur Erstellung einer Tabelle, in die die Messergebnisse einzutragen waren, wurde ebenso auf der OH-Folie entworfen.

In Kleingruppen (zwei bis drei Schüler/-innen) wurden verschiedene Stoffe auf ihre elektrische Leitfähigkeit getestet. Die Messungen erfolgten zunächst an den festen Verbindungen und anschließend an deren Schmelzen bzw. Lösungen. Die Beobachtungen (Lämpchen leuchtet/ leuchtet nicht bzw. großer/ kleiner Widerstand) wurden in die Tabelle eingetragen. Anschließend erfolgte die Erarbeitung der Interpretation der Ergebnisse in der Großgruppe. Die begründete Zuordnung zu den verschiedenen Bindungsarten übernahm jede/r Schüler/in selbst.

Aufgabe über chemische Bindungen in der Wissensüberprüfung

(vgl. IMST 746) (bewährte Aufgabe; es gab einige Variationen des Textes für verschiedene Gruppen)

Weißes Pulver:

Steffi und Nina untersuchen verschiedene weiße Pulver. Mit einem Multimeter, verschiedenen Kabeln und einer Taschenlampenbatterie testen sie die Leitfähigkeit der Pulver und deren Lösungen.

Sie lösen Pulver A in destilliertem Wasser und können weder im festen Pulver noch in der Lösung eine elektrische Leitfähigkeit feststellen.

Bei Pulver B konnten sie nur im gelösten Zustand eine elektrische Leitfähigkeit feststellen.

Welche Bindung besitzt Pulver A, welche Bindung Pulver B? Begründe deine Entscheidungen!

3.1.2 Experimente 2: Säuren und Laugen

Ziel der Experimente:

Es soll mit Hilfe von Indikatoren erkannt werden, ob eine Lösung sauer, neutral oder basisch ist. (das ist eine Wiederholung aus dem Wintersemester)

Damals wurden den Schüler/-innen im Unterricht verschiedene Säure – Base – Indikatoren vorgestellt. Die Farben bzw. Farbwechsel im sauren, neutralen und basischen Bereich der Indikatoren wurden gemeinsam erarbeitet (Lehrerin mit Assistent/-innen) und in eine Tabelle eingetragen.

Bei den Abschnitten über Alkohole und Carbonsäuren werden wichtige Merkmale von Säuren und Laugen wiederholt und Ähnlichkeiten und Unterschiede bei entsprechenden Stoffen der organischen Chemie aufgezeigt.

Zu den Themen: die „OH-Gruppe“, Wein – Essig und Essig als Entkalkungsmittel lernten die Schüler/-innen an drei Stationen passende Experimente kennen. Sie experimentierten in Kleingruppen, die Protokolle in ihren Chemieheften verfassten sie selbst.

Experimentieren an Stationen:



Station „OH-Gruppe“:

Beide, Ethanol und Natronlauge (NaOH) enthalten eine OH-Gruppe.

Mit Universalindikatorpapier (UI) kann gezeigt werden, dass (zumindest) der pH-Wert unterschiedlich ist.

Warum? – das überlegten sich die Schüler/-innen

Welche Folgen haben die unterschiedlichen Eigenschaften für den Gebrauch im Alltag? – auch das wurde überlegt.

In der Großgruppe wurden die Antworten diskutiert.

Station „Wein – Essig“

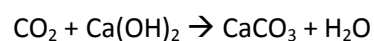
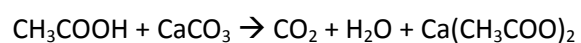
Die Inhaltsstoffe Alkohol (Ethanol), von Wein und Essigsäure von Speiseessig lassen sich mit Universalindikator gut unterscheiden.

Die Schüler/-innen konnten diesen Unterschied mit Tüpfelreaktionen zeigen.



Station „Essig als Entkalkungsmittel“

Hier konnten die Schüler/-innen die Wirksamkeit eines Entkalkungsmittels ‚erleben‘. Sie versetzten eine kleine Portion Kalkpulver mit Speiseessig, leiteten das entweichende Gas durch Kalkwasser und konnten dessen Trübung durch das Entstehen von Kalk erklären.



Aufgaben zu Säuren, Laugen, Alkohol und Essigreiniger

Beispiel aus einer Wissensüberprüfung im Mai 2015

Beispiel 4 – Gruppe a: Peter und Kurt sollen zwei Flaschen mit Putzmitteln richtig beschriften. In einer Flasche ist Spiritus (ungenießbar gemachtes Ethanol), in der anderen ein Abflussreiniger, der auch Natronlauge (NaOH) enthält. Zunächst sind Peter und Kurt ratlos, dann bitten sie ihre Lehrerin um Universalindikatorpapier.

- a) Wie werden die beiden vorgehen? b) Welche Experimente werden sie durchführen?
c) Welche Ergebnisse erwarten sie? d) Wie werden sie ihre Entscheidungen begründen?

Beispiel 4 – Gruppe b: Sonja und Sandra sollen zwei Flaschen mit Putzmitteln richtig beschriften. In einer Flasche ist Essigreiniger (wird gegen Kalkablagerungen eingesetzt), in der anderen ein Abflussreiniger, der auch Natronlauge (NaOH) enthält. Zunächst sind Sonja und Sandra ratlos, dann bitten sie ihre Lehrerin um Universalindikatorpapier.

- a) Wie werden die beiden vorgehen? b) Welche Experimente werden sie durchführen?
c) Welche Ergebnisse erwarten sie? d) Wie werden sie ihre Entscheidungen begründen?

3.1.3 Experimente 3: Alkohole

Die Schülerinnen und Schüler lernten Ethanol („Alkohol“) bereits zu Beginn des Schuljahres kennen; er wurde in einem gemeinsam durchgeführten Experiment aus Rotwein destilliert und auf seine Eigenschaften überprüft.

Ziel des Experimentes:

Gemeinsame Eigenschaften und Merkmale von Alkoholen kennenlernen; Bedeutung der OH-Gruppe in der organischen und anorganischen Chemie erfassen.

Aus der Gruppe der Alkohole wurden im Unterricht einige Vertreter vorgestellt, ihr Aufbau erläutert und einige ihrer Eigenschaften getestet. Die Darstellung der Molekülmodelle wurde wiederholt mit Molekülbaukästen geübt und in Strukturformelschreibweise ins Heft eingetragen.

Aufgabe zur Darstellung von Alkoholmolekülen

Gruppe a: Alkohole

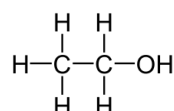
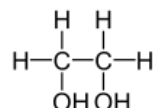
Ordne die Namen der Alkohole den Formeln richtig zu.

Butanol

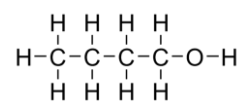
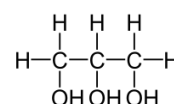
Ethandiol

Ethanol

Propantriol



Seite 11



Gruppe b: Alkohole

Ordne die Namen der Alkohole den Formeln richtig zu.

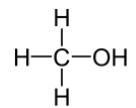
Methanol

Ethandiol

Propanol

Propantriol

Aufgaben zur Alkoholischen Gärung bzw. Essigentstehung



Beispiel – Gruppe a: Alkoholische Gärung:

Wenn Traubensaft mit Hefepilzen in Kontakt kommt, entstehen Ethanol und Kohlenstoffdioxid.

Formuliere die alkoholische Gärung, verwende dafür die richtigen Begriffe aus dem nachstehenden Kasten.

CH_4	reagiert zu	$\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}$	Hefepilze	CH_3OH
	Ethanol	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\ \quad \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\ \quad \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \\ \quad \quad \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\ \quad \quad \\ \text{OH} \quad \text{OH} \quad \text{OH} \end{array}$	CH_3COOH
$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$	Ethansäure	Wasser	H_2O	CO_2
Essigbakterien	→	Sauerstoff	NaCl	O_2
	$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$	Kohlenstoffdioxid		

Wortgleichung: Chemische Gleichung:

Beispiel – Gruppe b: Essigerstellung

Wenn Wein längere Zeit an der Luft offen steht, wird er sauer. Mit Hilfe der Essigbakterien entsteht aus Ethanol Essigsäure.

Formuliere den Vorgang Essigentstehung, verwende dafür die richtigen Begriffe aus dem nachstehenden Kasten. (wie oben)

Wortgleichung: Chemische Gleichung:

3.1.4 Experimente 4: Bestimmen von Kohlenhydraten

Ziel der Experimente:

Es sollen in Lebensmitteln Einfachzucker, Rübenzucker und Stärke experimentell bestimmt werden können.

Zunächst erfolgen verschiedene Untersuchungen von Zuckern:

1. Zuckerproben – Milchzucker, Traubenzucker, Fruchtzucker und Rübenzucker – werden verkostet und die unterschiedliche Süßkraft mit „Noten“ bestimmt.
2. Mit Fruchtzucker, Traubenzucker und Rübenzucker wird die Fehling-Probe zuerst als Lehrerexperiment in Epruvetten für alle gut sichtbar durchgeführt; der Hefteintrag über die Versuchsergebnisse wird gemeinsam erarbeitet. (vgl. Abb. im Lehrbuch: Erlebnis Chemie 4, S. 70)
3. Anschließend bestimmen die Schüler/-innen in Kleingruppen selbst, ob eine Probe Trauben- bzw. Fruchtzucker oder Rübenzucker enthält.

Jede Gruppe benötigt dazu: Kerze, Zünder, einen alten Löffel mit Holzgriff, Fehling-Lösung I und Fehling-Lösung II in Tropfflaschen oder beschrifteten Pipetten, kleine Becher, Pipetten, Wasser.

Die Schüler/-innen testen die Zuckerlösungen, tragen die Beobachtungen in eine Tabelle ein und entscheiden, welchen Zucker die Probe enthält.

4. In einem Demonstrationsexperiment können die Kinder die Blaufärbung von Stärke mit einer Iodlösung (Iod/Kaliumiodidlösung) beobachten.

5. In Kleingruppen testen sie verschiedene Lebensmittelproben auf Stärke und notieren ihre Beobachtungen. Die Iodlösung erhalten sie in einer Pipette. Die Proben werden auf einer Tüpfelplatte direkt mit Iodlösung versetzt.

Aufgabe zu Kohlenhydraten in einer Wissensüberprüfung

Im Vorratskasten haben sich von drei Dosen A, B und C die Etiketten gelöst. Es handelt sich um Staubzucker, Traubenzucker und Stärkemehl.

Rudi versucht nun mit Experimenten, die er aus dem Chemieunterricht kennt, herauszufinden, was die Dosen enthalten.

- Zuerst prüft er, ob sich die weißen Pulver in Wasser lösen.
- Dann prüft er mit Iodlösung und mit Fehling-Reagens.
- Seine Versuchsbeobachtungen trägt er in eine Tabelle ein:
Das Pulver in Dose A löst sich schlecht in Wasser; mit Iodlösung wird es dunkelviolett. Die Pulver in Dose B und C lösen sich gut in Wasser. Mit Iodlösung werden die Lösungen hellgelb. Mit der Fehling-Reaktion bleibt die Lösung von Pulver B hellblau.
Jetzt weiß Rudi, was in welcher Dose ist, und trägt es in die Tabelle ein.
- Was beobachtet Rudi, wenn er die Lösung von Pulver C mit der Fehling-Reaktion testet?
.....

Dose	Löslich in Wasser?	Reaktion mit Iodlösung	Reaktion mit Fehling-Reagenz	Doseninhalt
A				
B				
C				

3.2 Experimente in den 7. Klassen

Im Chemieunterricht der 7. Klassen werden Lehrer-Experimente als Einführung und Erläuterung eines Themas eingesetzt. Als Beispiel sei die Destillation eines Flüssigkeitsgemisches genannt. In vielen Fällen wird Ethanol aus Rotwein destilliert. Bei diesem Experiment lernen die Schüler/-innen nicht nur die Trennmethode, sondern auch eine Destillationsapparatur, Nachweise für das Destillat und die Beschreibung des Reaktionsverlaufs durch eine Siedekurve kennen.

Für das Experimentieren in der Kleingruppe ist eine Destillation (an unserer Schule) nur beschränkt geeignet: es mangelt (hier) an Experimentiermaterial und vor allem an Zeit.

Beim Thema „Trennmethoden“ lässt sich die Chromatographie für Schülerexperimente sehr gut einsetzen. Je nach Ausrüstung und Zeit können Papier- bzw. Dünnschichtchromatogramme angefertigt und ausgewertet werden.

Praktikum:

Im Praktikum lernen die Schüler/-innen Laborgeräte kennen und setzen sie selbst bei ihren Experimenten ein. Die Wahl der Experimente erfolgt begleitend zum Lehrstoff.

Zur erfolgreichen Bearbeitung von Aufgaben der Wissensüberprüfungen sind Kenntnisse aus der Praxis erforderlich.

3.2.1 Experimente 1: Trennmethoden – Chromatographie

Ziel des Experimentes „Auftrennen des grünen Blattfarbstoffes“:

Es soll gezeigt werden, dass der grüne Blattfarbstoff ein Farbstoffgemisch ist. Die einzelnen Farbstoffe sollen erkannt und durch ihren R_f – Wert charakterisiert werden.

Im Unterricht trennten die Schüler/-innen unter Anleitung den aus grünen Blättern erhaltenen Blattfarbstoff auf.

Als stationäre Phase wurden Kieselgelplatten verwendet, das Laufmittel war ein vorbereitetes Lösungsmittelgemisch (Petrolether : i-Propanol = 10 :1).

Die Schüler/-innen mussten die Dünnschichtplatten beschriften, die Probelösungen auftragen, das Chromatogramm laufen lassen und abschließend auswerten, d. h. die jeweiligen R_f – Werte angeben.

Im Unterricht wurden verschiedene Einsatzgebiete für die Dünnschicht- bzw. Papierchromatographie erläutert; dabei wurde an die Erfahrungen aus der Unterstufe – zerlegen von Tinten bzw. Filzstiftfarben – angeknüpft.

Aufgabe zu Trennmethoden: Dünnschichtchromatographie

Schmerzmittel

Im Tablettenlager einer Apotheke wurden durch ein Missgeschick die Verpackungen von drei Schmerzmitteln vertauscht.

Es handelt sich um ASS (= Aspirin), ASSC (Aspirin + Coffein) und PAR (Paracetamol).

Ein Apothekenhelfer soll die Tabletten richtig verpacken. Er bereitet zunächst alkoholische Lösungen der Inhaltsstoffe und ermittelt auf einer Dünnschichtplatte deren R_f – Werte:

für ASS = 0,20; für PAR = 0,55 und für Coffein = 0,64. Dann löst er je eine Tablette der drei Packungen in Alkohol. Nach kurzer Zeit kann er die Tabletten richtig verpacken.

(Anm.: als Laufmittel wird eine Mischung aus Essigsäureethylester, Methanol und Ammoniak verwendet)

Aufgabe:

- *Skizziere das Dünnschichtchromatogramm der Lösungen der drei Inhaltsstoffe!*
- *Was versteht man unter dem R_f -Wert? Definiere und erkläre!*
- *Welches Chromatogramm entspricht ASSC? Fertige eine Skizze davon an!*

Paprikapulver

Ein importiertes Paprikapulver wird in der Lebensmittelkontrollstelle überprüft. Es soll ausschließlich Paprikafarbstoffe enthalten. Fälschungen können auch mit dem roten Tomatenfarbstoff Lycopin (E 160d, $R_f = 0,25$) gefärbt sein.

Als Laufmittel wird stets das Gemisch Petrolether : Ethanol = 10 : 1 verwendet.

Mögliche Paprikafarbstoffe sind: Curcumin, gelb, E 100, $R_f = 0,72$; Capsorubin, rot, E 160c, $R_f = 0,85$; Riboflavin, gelb, E 101, $R_f = 0,41$ und Cyanidin, dunkelrot, E 163, $R_f = 0,63$.

Zur Überprüfung von importierten Paprikapulvern werden Dünnschichtchromatogramme der Pulverproben angefertigt.

Aufgabe:

- *Skizziere das Dünnschichtchromatogramm einer Probe, die neben 3 erlaubten Farbstoffen auch das unerlaubte Lycopin enthält!*
- *Was versteht man unter dem R_f -Wert? Definiere und erkläre!*
- *Nenne 2 Voraussetzungen für den Einsatz der Dünnschichtchromatographie bei diesem Problem.*

Aufgabe zu Trennmethoden: Destillation

Im Lehrereperiment konnten die Schüler/-innen die Trennung von Rotwein in Alkohol und die Reststoffe beobachten. Mit einem Siedediagramm wurde der Ablauf der Destillation beschrieben. Die Überprüfung des Destillats auf seine Eigenschaften ergab, dass es sich um Ethanol (Alkohol) handelte.

Gepanschter Wein

Vor einigen Jahren hatten die heimischen Gesundheitsbehörden den Verdacht, dass Wein aus Italien mit Methanol versetzt war. Der Genuss von Methanol führt schnell zum Tod; trinkt man kleine Mengen, kommt es zur Erblindung. Methanol ist eine farblose, brennbare Flüssigkeit mit einem Siedepunkt von 65 °C; es kann billig hergestellt werden.

Wie konnten die Gesundheitsbehörden mit einer den Schüler/-innen der 7. Klasse bekannten Bestimmung feststellen, ob in bestimmten Importweinen Methanol enthalten war?

Info: K_p von Ethanol: 78 °C; K_p von Wasser: 100 °C

Aufgabe:

*Erläutere die geeignete Bestimmungsmethode und begründe deine Wahl!
Skizziere und beschrifte das prozessbegleitende Diagramm!*

3.2.2 Experimente 2: Atombau, Stoffeigenschaften

Ziel der Experimente:

- Es soll gezeigt werden, dass Alkali- und Erdalkalisalze Flammen färben können.
- Es soll gezeigt werden, dass die Bindung eines Stoffes zu charakteristischen Eigenschaften führt.

Im Praktikum wurden die Flammenfarben von Alkali- und Erdalkalisalzen ermittelt und tabellarisch aufgezeichnet.

Die Löslichkeit und Mischbarkeit polarer, unpolarer und ionischer Stoffe wurde ebenfalls im Praktikum untersucht.

Aufgaben zu Atombau und Stoffeigenschaften

Vorräte

Von drei Vorratsdosen im Küchenkasten, die weiße Pulver enthalten, haben sich die Etiketten abgelöst. Es handelt sich um Kochsalz (NaCl), Diätsalz (KCl) und Kristallzucker (C₁₂H₂₂O₁₁).

Alle Pulver lösen sich gut in Wasser. Nur die Lösung des Pulvers aus Dose A leitet den elektrischen Strom nicht. Das Pulver in Dose B färbt die Brennerflamme hellviolett, jenes in Dose C gelb.

Ordne die abgelösten Etiketten richtig zu und begründe deine Entscheidungen!

Chemikalien

Von drei Dosen aus dem Chemikalienkasten, die weiße Pulver enthalten, haben sich die Etiketten abgelöst. Es handelt sich um verschiedene Salze: Hirschhornsalz (NH₄HCO₃), Gips (CaSO₄) und Kochsalz (NaCl).

Das Pulver in Dose A löst sich gut in Wasser, kristallisiert in Würfeln und färbt die Brennerflamme gelb. Auch das Pulver in Dose B löst sich gut in Wasser, es wird auch zum Lebkuchenbacken verwendet und zerfällt in der Hitze in NH₃, H₂O und CO₂. Das Pulver in Dose C löst sich kaum in Wasser. Es färbt die Brennerflamme hellrot und wird auch für starre Verbände verwendet. Ordne die abgelösten Etiketten richtig zu und begründe deine Entscheidungen!

3.2.3 Experimente 3: Säuren und Laugen, pH – Wert, Neutralisation

Ziel der Experimente:

Verhalten von Säure-Base-Indikatoren, Lage der Umschlagsbereiche, Universalindikatoren

Bestimmen des Gehalts von Essigsäure in Speiseessig (volumetrische Titration)

Graphische Darstellung der Änderung des pH-Wertes während einer Titration (Titrationskurve, starke Säure wird mit starker Lauge titriert).

Indikatoren

Saure, neutrale und basische Lösungen werden mit Lösungen von Säure-Base-Indikatoren versetzt, die beobachteten Farben werden in eine Tabelle eingetragen. Alle Lösungen werden aus Pipetten auf eine Tüpfelplatte getropft.

Titration

1 mL Speiseessig wird mit Natronlauge (NaOH, c = 0,1 mol/L) titriert, als Indikator wird Phenolphthalein verwendet. Der Säuregehalt des Speiseessigs wird zunächst anhand eines Beispiels gemeinsam errechnet; die Schüler/-innen führen die Berechnung mit den selbst ermittelten Werten durch.

Neutralisation

1 mL Salzsäure (HCl, $c \approx 0,1 \text{ mol/L}$) wird mit Natronlauge (NaOH, $c = 0,1 \text{ mol/L}$) titriert. Der pH-Wert wird mit einem pH-Meter nach den Zugaben der NaOH festgestellt. Die pH-Änderungen werden graphisch dargestellt. Die Reaktionsgleichung wird formuliert und aus der Titrationskurve wird die Konzentration der Salzsäure ermittelt.

Aufgabe zu Säuren und pH-Wert

Berechne den pH-Wert von Champagneressig, einer Spezialität aus der Normandie, der 8% Essigsäure enthält. ($pK_{A \text{ CH}_3\text{COOH}} = 4,75$).

Vergleiche ihn mit dem pH-Wert einer Salzsäure(HCl)-Lösung gleicher (molarer) Konzentration.

Begründe die unterschiedlichen Ergebnisse!

Aufgabe zur Neutralisation

10 mL Salzsäure (HCl), $c = 0,01 \text{ mol/L}$ sollen mit Bariumlauge (Ba(OH)_2), $c = 0,1 \text{ mol/L}$, neutralisiert werden.

- Gib die Reaktionsgleichung an.
- Berechne den Verbrauch an Bariumlauge.
- Welcher Indikator würde sich für die Bestimmung des Neutralisationspunktes eignen? Begründe deine Entscheidung!

3.3 Das chemische Praktikum in den 7. Klassen:

In diesem Schuljahr führten die Schülerinnen und Schüler im chemischen Praktikum der 7. Klassen folgende Versuche durch:

- Messgeräte kennenlernen – Handhabung von Messgeräten:
Messzylinder (verschiedene Größen), Messpipette + Peleusball, Vollpipette, Bürette
Aufgabe: Genauigkeit von Messgeräten; Volumen eines Wassertropfens bestimmen
- Arbeitsmethoden: Fällung, Filtration
- Trennmethoden: Adsorption
- Versuche zum Periodensystem: Lösungen von Metallsalzen werden mit vier verschiedenen Reagentien (verdünnte Lösungen von Schwefelsäure, Natronlauge, Ammoniak und Soda) versetzt. Die Lerninhalte sind: Kennenlernen der Tüpfelmethode, Beschreiben von beobachteten Reaktionen, Aufzeigen ähnlicher Reaktionen bei Elementen einer Gruppe, Formulieren der ablaufenden Reaktionen.
- Flammenfarben – Flammenfarben von Alkali- und Erdalkalimetallen bestimmen; eine unbekannte Probe anhand der Flammenfarbe identifizieren.
- Weitere Ionenreaktionen; Bestimmen unbekannter Proben.
- Zur chemischen Bindung: elektrische Leitfähigkeit
- Bestimmen des Kristallwassergehaltes von blauem Kupfersulfat
- Mischbarkeit und Löslichkeit von Stoffen unterschiedlicher Polarität
- Trennen eines Farbstoffgemisches – Sudanrot und Methylblau
- Versuche zur Erhaltung der Masse: Bildung eines Niederschlages, Verbrennung
- Lösungswärmen – Bestimmen der molaren Lösungswärmen einiger Salze
- Experimente rund ums Kohlenstoffdioxid (mit schriftlicher Anleitung)

14. Versuche zur Reaktionsgeschwindigkeit
15. Säure – Base – Indikatoren
16. Titration – Bestimmung der Essigsäurekonzentration in Speiseessig
17. Potentiometrische Titration (graphische Darstellung des Titrationsverlaufes, Titrationskurve)
18. Versuche zur elektrochemischen Spannungsreihe
19. Elektrolyse – Vernickeln einer Münze
20. Korrosionsschutz

4 EVALUATIONSMETHODEN

Zur Überprüfung der gesetzten Ziele (vgl. Kap. 2) wurden folgende Unterlagen herangezogen:

Die **Chemiehefte der Schüler/-innen der 4. Klassen**: sie wurden als schriftliche Mitarbeitsleistung mit (+), (~) oder (-) bewertet. Bewertungskriterien waren Vollständigkeit, Richtigkeit und Übersichtlichkeit der Einträge.

Die **Ergebnisse der Experimentalbeispiele in den Wissensüberprüfungen in den 4. und 7. Klassen**: das Ausmaß der Bewältigung der Aufgaben wurde ermittelt und in Prozenten für Schüler und Schülerinnen getrennt angegeben.

Die **Praktikumshefte in den 7. Klassen**: die Anzahl der abgeschlossenen Experimentalbeispiele diente als Leistungsvorlage für die Bewertung als praktische Mitarbeitsleistung.

Die **Fragebögen in den 4. und 7. Klassen** gegen Ende des Schuljahres: die spontane Nennung von Geräten, Chemikalien und Versuchen, die für die Schüler/-innen in diesem Schuljahr neu waren, gibt Feedback zur Nachhaltigkeit eines Chemieunterrichts mit experimentellen Elementen.

Begleitend zu den Experimentalseminaren wurden **Gedächtnisprotokolle** erstellt. Sie enthalten die mündlichen Rückmeldungen der Teilnehmer/-innen und Eindrücke aus persönlichen Gesprächen.

5 ERGEBNISSE

5.1 Experimentalaufgaben in den 4. Klassen:

Experimentalbeispiele

Die Dokumentation der Experimente im Chemieheft wurde besprochen und zur Unterstützung ein Vorschlag zur Protokollgestaltung auf OH-Folie präsentiert:

Experimentierprotokoll	
	Datum:
Experiment:	
Verwendete Geräte und Substanzen:	
Versuchsdurchführung: (Was hast du genau gemacht?)	
Versuchsbeobachtung: (Was hast du vermutet, dass passieren wird, und was hast du tatsächlich beobachtet?)	
Skizze des Experimentaufbaus:	

Die meisten Schüler/-innen übernahmen diesen Vorschlag für ihre Protokollgestaltung; die Beschreibung der Experimente gelang fast allen.

Protokollausschnitte aus Schülerheften:

Experiment: Bestimmen des Verhaltens von Stoffen beim Erhitzen

Untersuchen von Stoffen:
(analysieren)

Stoffe werden auf einer Schmelzrinne erhitzt. Veränderung?

Stoff	Veränderung bei Hitze	Material:
Salz	keine Veränderung	Schmelzrinne aus Alumi
Mehl	wird braun	Teelicht, Zündhölzer, Kluppe
Zucker	gelb, Bläschen, braun, schwarz	Mikrolöffel
Reisgummi	geschmolzen	
Schinken	braun, Geruch	
Tixo	geschmolzen	
Brot	braun, Geruch	
Strahlhelm	schmilzt	
Kreide	keine Veränderung	

anorg.	org.
Salz, Kreide	Zucker, Mehl, Reisgummi, Strahlhelm, Tixo, Brot, Wnd

Experiment: Reaktion von Alltagsstoffen mit Rotkrautsaft; Selbstständige Interpretation der Beobachtungen.

Ziel:
untersuchen ob ein Stoff sauer, basisch, ~~neutral~~ oder
↪ S/B-Indikator

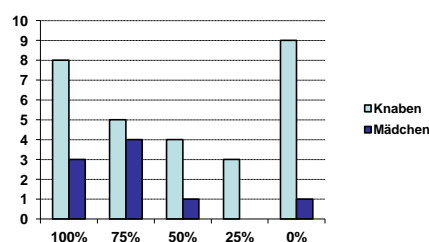
Stoffproben

Probe	Farbe mit Rotkrautsaft	S/B?
Zahnpasta	Lila	N
Essig	rot	S
Spülmittel	Lila	N
Wäschespüler	rot	S
Haarshampoo	grün	B
Haarpolier	grün	B
Shampoo	pink	S
Feigenspray	rot	S

Zur Bewältigung von Experimentalaufgaben:

Im Folgenden zeigen die Diagramme in welchem Ausmaß eine **Aufgabe** von den Schülerinnen und Schülern gelöst werden konnte. 100% bedeutet, dass das Beispiel vollständig und richtig gelöst wurde. 0% bedeutet, dass die Lösung entweder falsch war oder die Bearbeitung fehlte. Die Prozentsätze ergeben sich aus der Lösung der Teilaufgaben eines Beispiels.

Die **Aufgaben**, die mit Kenntnissen über Löslichkeit und Leitfähigkeit die Frage nach der **Chemischen Bindung** eines Stoffes beantworten konnten, wurden von den Schülerinnen und Schülern (37⁹) der 4. Klassen im Rahmen einer Wissensüberprüfung nur teilweise richtig beantwortet:



Die Wissensüberprüfung nach dem „**Experimentieren an Stationen**“ enthielt eine Aufgabe, für deren Lösung die Versuchserfahrungen aus dem Stationenbetrieb kombiniert werden mussten.

Die erwarteten Lösungen waren:

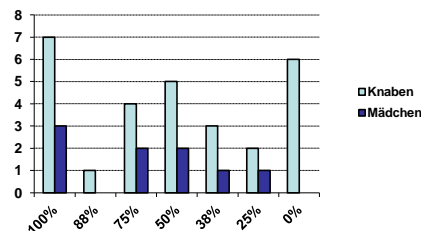
Bei der Gruppe a:

- 2 UI-Papierstückchen mit Wasser anfeuchten
- Putzmittelproben mit feuchtem UI-Papier testen
- 1 x Blaufärbung → basisch; 1 x grüngelb → ~ neutral
- blau: Abflussreiniger (NaOH); grüngelb → Spiritus (typischer Geruch!)

Bei der Gruppe b:

- 2 UI-Papierstückchen mit Wasser anfeuchten
- Putzmittelproben mit feuchtem UI-Papier testen
- 1 x Blaufärbung → basisch; 1 x rot → sauer
- blau: Abflussreiniger (NaOH); rot: Essigreiniger

Richtige Lösungen der Schülerinnen und Schüler:



Das Beispiel wurde überwiegend richtig gelöst; der Test mit UI-Papier wurde angeführt, meist jedoch bei der Zuordnung die Angabe der Farbänderung vergessen. (die Begründung war daher nicht ausreichend)

Einige Schüler/-innen gaben einen anderen Lösungsweg an:

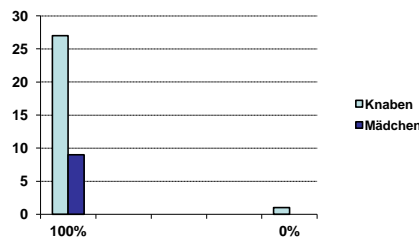
z.B. Destillation, wurde 2 x angegeben, mit der Erläuterung: Spiritus, Kp 78°C, brennbar. Diese Lösung ist natürlich auch richtig, allerdings wurde der in der Angabe angeführte Universalindikator nicht miteinbezogen.

Oder: 2 x wurde angegeben: Abfluss- und Essigreiniger werden auf Kalkprobe getestet: wenn's schäumt ist es der Essigreiniger, der andere ist der Abflussreiniger. Dieser Lösungsweg ist richtig, die (gewünschte, weil im unmittelbar vorhergehenden Unterricht gelernte) Verwendung von UI-Papier wurde auch in diesen Fällen nicht gewählt.

Alkohole: Zuordnen – Struktur und Namen

Bei dieser Aufgabe mussten die Namen von ein- und mehrwertigen Alkoholen den entsprechenden Strukturformeln zugeordnet werden.

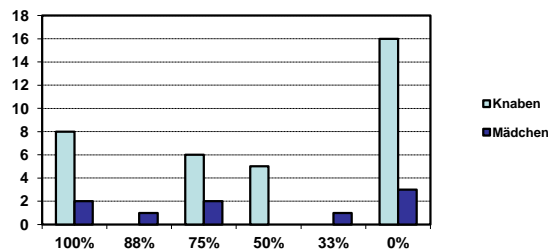
Ergebnis:



Diese Aufgabe ist praktisch allen Schülerinnen und Schülern vollständig gelungen, nur ein Schüler konnte mit dieser Aufgabenstellung nichts anfangen.

In der **Wissensüberprüfung der 4. Klassen** über Kohlenwasserstoffe, Alkohole und Carbonsäuren waren im Beispiel der Gruppe a der **Ablauf der alkoholischen Gärung** und im Beispiel der Gruppe b der **Ablauf der Essigentstehung** als Wortgleichung und als chemische Gleichung anzugeben.

Die Beschreibung der **Alkohol- bzw. Essigherstellung** wurde von den 37⁹ Schüler/-innen wie folgt richtig angegeben:



Nachstehend sind die Lösungen zu den Wortgleichungen und chemischen Gleichungen getrennt angegeben:

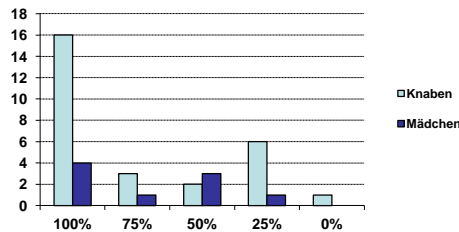
		richtig	Tlw. richtig	falsch/ fehlt
Alkohol. Gärung	Wortgleichung	8	5	6
	Chem. Gleichung	8	6	5
Essigentstehung	Wortgleichung	4	4	10
	Chem. Gleichung	3	2	13

Es ist erkennbar, dass die Aufgabe der Beschreibung der alkoholischen Gärung häufiger gelöst werden konnte, als die Beschreibung der Essigentstehung.

Das Beispiel zur Essigentstehung wurde überwiegend falsch bzw. gar nicht beantwortet. Die Beschreibung mit Worten liefert bessere Lösungen, was möglicherweise auf die Übernahme von Begriffen aus dem Angebotstext zurückzuführen ist. Ungefähr die Hälfte der Schüler/-innen bearbeitete diese Aufgabe nicht oder falsch, obwohl die alkoholische Gärung als Lehrereperiment im Unterricht mit den Schüler/-innen durchgeführt wurde und das Submersverfahren zur Essigherstellung sehr genau besprochen wurde (vgl. Abb. im Lehrbuch, Erläuterungen im Unterricht, Text im Lehrbuch).

Die letzte Wissensüberprüfung der 4. Klassen in diesem Schuljahr enthielt eine Aufgabe, die Kenntnisse über die qualitative Bestimmung von Einfachzuckern, nichtreduzierenden Zuckern und Stärke voraussetzte. Experimente zur Bestimmung von Nährstoffen in Lebensmitteln wurden in den Unterrichtsstunden davor durchgeführt.

Die Ergebnisse zur „**Kohlenhydrataufgabe**“ zeigen, dass die Mehrheit der Schülerinnen und Schüler



mit dieser Aufgabe gut zurecht kam. Die Tabelle, die mit den Versuchsergebnissen – sie sind in der Angabe beschrieben - ausgefüllt werden sollte (musste), war für die erfolgreiche Lösung der Aufgabe sicher hilfreich.

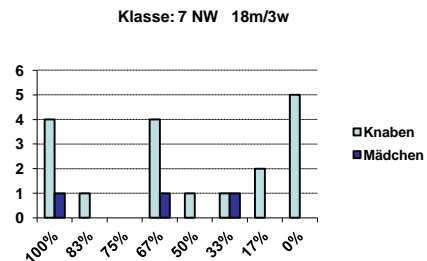
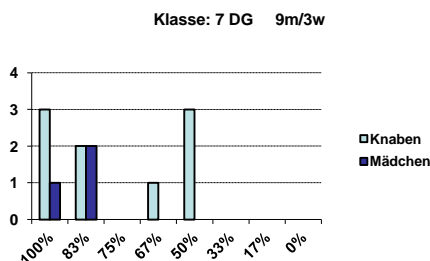
5.2 Experimentalaufgaben in den 7. Klassen

Die Aufgaben in den Wissensüberprüfungen in den beiden 7. Klassen waren immer sehr ähnlich. In der NW-Klasse gab es stets zwei Gruppen, die Aufgaben unterschieden sich wenig. Für die DG-Klasse entwarf ich manchmal eine dritte Gruppe oder übernahm je nach Termin der Wissensüberprüfung eine der beiden Gruppen des NW-Teils.

Im Folgenden werden die Ergebnisse der beiden Klassen zum Vergleich nebeneinander angeführt. Die Diagramme zeigen auch hier in welchem Ausmaß eine **Aufgabe** von den Schülerinnen und Schülern gelöst werden konnte. 100% bedeutet, dass das Beispiel vollständig und richtig gelöst wurde. 0% bedeutet, dass die Lösung entweder falsch war oder die Bearbeitung fehlte. Die Prozentsätze ergeben sich aus der Lösung der Teilaufgaben eines Beispiels.

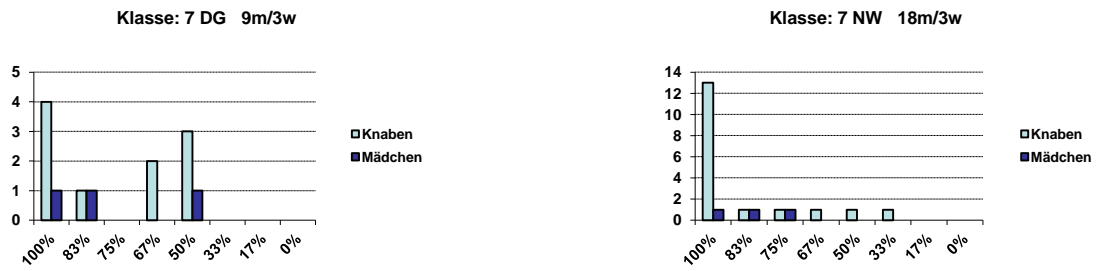
Aufgaben zu Trennmethode:

Chromatographie



In der DG-Klasse konnten die Mädchen dieses Beispiel problemlos lösen und auch die Burschen waren erfolgreich, während die Hälfte der „NW-Burschen“ es gar nicht oder nur zu einem geringen Teil lösen konnten.

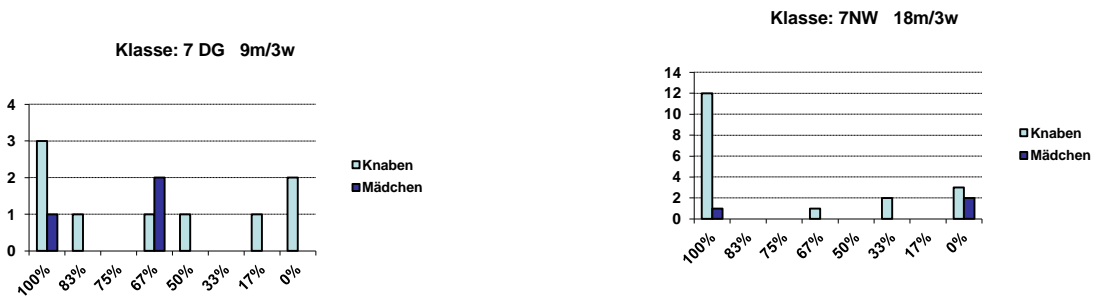
Destillation:



Die Aufgabe zur Trennmethode der Destillation wurde von allen Schülerinnen und Schülern beider Klassen überwiegend richtig gelöst.

Aufgaben zu Atombau und chemischen Bindungen

Beispiel: „Vorräte“ und ähnliche Aufgaben



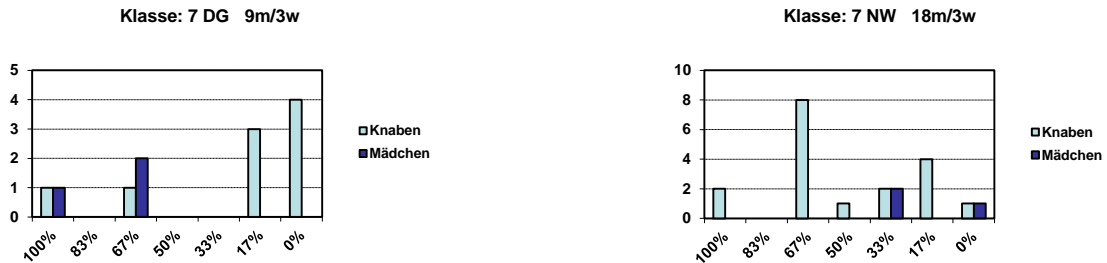
Die Lösung dieser Aufgabe verlangt eine Kombination von Kenntnissen über Flammenfarben und Eigenschaften von Stoffen, die auf deren chemische Bindung zurückzuführen sind. Mehr als die Hälfte der Schülerinnen und Schüler konnte die Aufgabe vollständig lösen, ~ 20% kamen mit der Aufgabe gar nicht zurecht.

Aufgaben zur Bestimmung des pH-Wertes einer schwachen Säure (Essigsäure in Speiseessig) und einer starken Säure gleicher Konzentration.



Dieses Beispiel vollständig zu lösen ist nur Burschen gelungen. Allerdings konnte ein Drittel der Burschen mit ihm nichts anfangen. Als Stolperstein stellte sich die Konzentrationsangabe in % w/w heraus, die in mol/ L umgerechnet werden musste.

Neutralisation



Hier schnitten die Mädchen ganz unterschiedlich ab: in der DG-Klasse kamen sie mit dem Beispiel sehr gut, in der NW-Klasse nur recht schlecht zurecht. Die Leistungen der Burschen streuten sehr.

Stellenwert der Beispiele in Wissensüberprüfungen:

Wissensüberprüfungen sind schriftliche Mitarbeitsleistungen und werden mit „(+)\", „(~)“ oder „(-)“ bewertet. Eine Wissensüberprüfung enthält meist vier Aufgaben, die je einen Punkt zählen. Die Bewertungen zwischen (+), (~) und (-) erlauben eine differenziertere Beurteilung der Mitarbeitsleistung.

Für die Gesamtbewertung verwende ich gern diesen Schlüssel:

Bewertung	Punkte
+	3,5 - 4
+ / ~	3,0 - 3,5
~	2,5 - 3,0
~ / -	2,0 - 2,5
- (Lzne) (Lernziel nicht erreicht)	< 2,0

5.3 Chemisches Praktikum

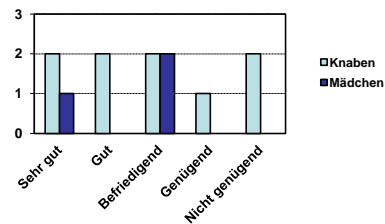
Leistungsbeurteilungen im Praktikum: (Mädchen als Hochzahl)

RG mit DG: diese Klasse hatte (fast immer) eine wöchentliche Praktikumsstunde (12³ Schüler/-innen)

Praktikumsnoten im Wintersemester:

Sehr gut	3 ¹
Gut	2 ⁰
Befriedigend	4 ²
Genügend	1 ⁰
Nicht genügend	2 ⁰

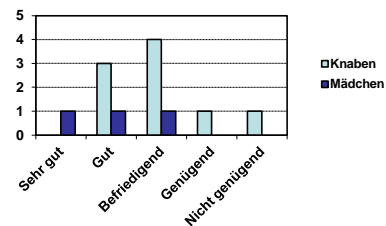
(Praktikumsheft nicht abgegeben, Protokolle von Mitschülern kopiert,...)



Praktikumsnoten im Sommersemester:

Sehr gut	1 ¹
Gut	4 ¹
Befriedigend	5 ¹
Genügend	1 ⁰
Nicht genügend	1 ⁰

(Protokollheft wurde nicht abgegeben)

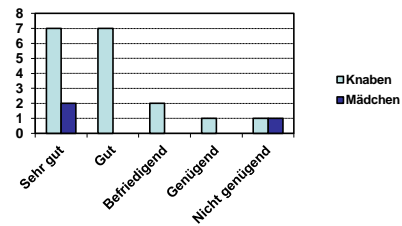


RG - NW: diese Klasse wurde im Praktikum in 2 Gruppen (à 11¹ bzw. 10² Schüler/-innen) geführt; jede Gruppe hatte 14-tägig eine Doppelstunde.

Praktikumsnoten im Wintersemester:

Sehr gut	9 ²
Gut	7 ⁰
Befriedigend	2 ⁰
Genügend	1 ⁰
Nicht genügend	2 ¹

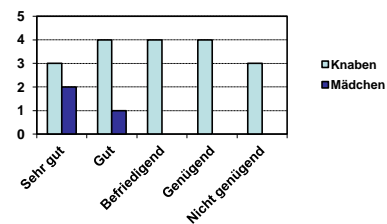
(Protokollhefte wurden nicht abgegeben)



Praktikumsnoten im Sommersemester:

Sehr gut	5 ²
Gut	5 ¹
Befriedigend	4 ⁰
Genügend	4 ⁰
Nicht genügend	3 ⁰

(Protokollhefte wurden nicht abgegeben)

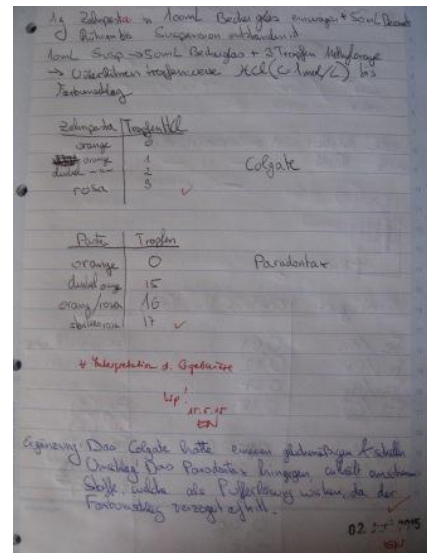
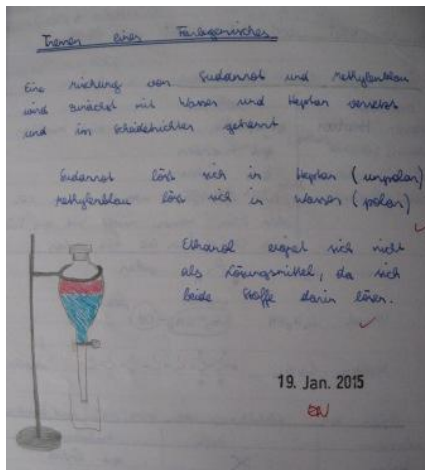


Ursachen unvollständiger Protokolle sind oft fehlende Korrekturen oder Ergänzungen zur Auswertung der Beispiele.

Zur Bewertung der Protokolle:

Ein Beispiel wird erst dann als vollständig bzw. richtig gewertet, wenn es einen Datumsstempel + Unterschrift (von mir, der Lehrerin) hat. Unvollständige Protokolle werden mit „Wp“, d.h. fehlerhaftes Protokoll – wenn etwa die Reaktionsgleichung fehlt oder fehlerhaft ist, u.s.w. – oder auch mit „W“ versehen, wenn beim Versuch etwas falsch gemacht bzw. falsch beobachtet wurde, z.B. grüne Flammenfarbe bei Lithium.

Beispiele von Einträgen aus Protokollheften:



Wie werden die fertigen Beispiele in eine Note „übersetzt“?

Folgender „Übersetzungsschlüssel“ hat sich bewährt:

Richtige Beispiele	entsprechende Note
85 – 100%	1
70 – 85%	2
55 – 70%	3
40 – 55%	4
< 40 %	5

Die Noten aus der Praktikumsarbeit werden im Ausmaß von etwa 30%, das entspricht dem Anteil an Unterrichtszeit, bei der Leistungsbeurteilung berücksichtigt.

6 DISKUSSION UND INTERPRETATION

Das selbstständige Experimentieren ist im Chemieunterricht des Realgymnasiums in der 4. und 7. Klasse (der 8. und 11. Schulstufe) ein unverzichtbarer Bestandteil.

Im Chemieunterricht erfolgt eine Einführung in die naturwissenschaftliche Praxis und damit ein allmähliches Vertrautwerden mit kompetenzorientierten Aufgaben. Erfolg der Schülerinnen und Schüler bei der Reifeprüfung und ein gelingender Start in einem naturwissenschaftlichen Fach an der Universität sind Ziele des Chemieunterrichts der Sekundarstufe.

6.1 Zu den Zielen auf Schüler/-innenebene

Die Schülerinnen und Schüler der 4. wie auch der 7. Klasse haben das selbstständige Experimentieren kennengelernt und sind am Ende des Schuljahres damit vertraut. Experimente planen, durchführen und dokumentieren sind für sie fixe Bestandteile des Chemieunterrichts.

In den Wissensüberprüfungen konnten sie die Beispiele, die auf virtuellen Versuchen aufgebaut waren im Allgemeinen gut lösen. Es war wichtig, die Schüler/-innen langsam mit diesen kompetenzorientierten Experimentalaufgaben vertraut zu machen. Sie konnten dadurch verschiedene Aufgabenformate kennenlernen und die entsprechenden Beispiele erfolgreich lösen.

Experimentalaufgaben, die die Durchführung realer Experimente verlangten, z.B. Bestimmung der Nährstoffe im Fruchtemüsli, wurden von den einzelnen Experimentiergruppen eigenständig und korrekt bearbeitet.

Die Arbeitszeit für die Versuche war knapp bemessen, sodass Wiederholungen von Experimenten oder Telexperimenten kaum möglich waren. Die Lage der Chemiestunden im Stundenplan, z.B. in einer 4. Klasse am Montag in der ersten und am Freitag in der sechsten (= letzten) Unterrichtsstunde, war in allen Klassen für ein konzentriertes praktisches Arbeiten wenig förderlich. Andererseits war die Teilung der 7–NW-Klasse in zwei kleine Gruppen für die Praktikumsstunden sehr angenehm, obwohl diese am Freitagnachmittag stattfanden.

Die Schülerinnen und Schüler waren sowohl an der Bewertung ihrer Mitarbeitsleistungen in den Wissensüberprüfungen als auch, in den 7. Klassen, an der Bewertung ihrer Leistungen im Praktikum interessiert. Das Verfassen von Protokollen fiel einigen Schüler/-innen trotz gemeinsamer Zusammenstellung von Musterprotokollen schwer. Das genaue Arbeiten machte manchen Schüler/-innen zu schaffen, das Verbessern von Protokollen war vielen bisher fremd. Das war und ist für mich nicht gut zu verstehen, denn alle RG-Schüler/-innen unserer Schule absolvieren in der 5. Klasse sowohl ein Physik- als auch ein Biologiepraktikum (je eine Doppelstunde 14-tägig).

Die Bewertungsraster für die Wissensüberprüfungen und für das Praktikum wurden von allen Schülerinnen als „o.k.“ befunden und akzeptiert. Bei dieser Bewertung ist es möglich, eine Praktikumseinheit zu versäumen und dennoch ein „Sehr gut“ für die Praxisleistungen zu bekommen. Die Schüler/-innen haben zusätzlich die Möglichkeit, versäumte Beispiele in den Chemieolympiadestunden nachzuholen. Diese Gelegenheit wurde von einigen Schülerinnen und Schülern genützt.

6.2 Zu den Zielen auf Lehrer/-innenebene

In diesem Jahr sind einige Experimentalaufgaben zu meiner Aufgabensammlung dazugekommen. Die Lösungswege der Schüler/-innen machen wiederholt auf Schwachstellen in der Textformulierung aufmerksam; oft sind sie durch einfache Korrekturen zu beheben.

Bei den Experimenten, die von den Schüler/-innen in Kleingruppen durchgeführt werden, hat sich das Arbeiten am Platz - benötigtes Material wird auf einem Tablett von den Schüler/-innen gesammelt – bewährt. Die andere Form des Experimentierens in Kleingruppen, der Stationenbetrieb, hat Ab-

wechslung in den Unterrichtsverlauf gebracht. Die Mitarbeit, besonders von einigen Schülern der 4. Klasse, lässt sich bei dieser Organisationsform von einer Lehrkraft nur schwer überblicken.

Einige Aufgaben in den Wissensüberprüfungen bereiteten den Schüler/-innen Schwierigkeiten. Die Übungsaufgaben vor den Wissensüberprüfungen, sie sollten Trainingsbeispiele sein, wurden nicht immer bearbeitet, sodass es bei der Bearbeitung der Wissensüberprüfungen zu einigen Überraschungen kam.

Das Praktikum enthält einen Grundstock an erprobten Beispielen. Jedes Jahr kommen je nach Unterrichtssituation einige neue Experimente dazu. In diesem Jahr waren dies die „Trennung einer Farbmischung“ mit verschiedenen Lösungsmitteln, die Versuche zur Erhaltung der Masse und das Beispiel zum Korrosionsschutz (dieses Beispiel war „fast“ neu, es wurde vor ca. 10 Jahren im Praktikum durchgeführt)

Für die Experimente im Praktikum und im Unterricht wurden kleinere Tablettts angeschafft, damit das Experimentiermaterial auf den Arbeitstischen besser Platz hat.

Es wurden auch neue Gefäße für die Chemikalien der Schülerexperimente gekauft; die vorschriftsmäßig beschriftet werden. So soll erreicht werden, dass die Schüler/-innen ein „Gefühl“ für Chemikalien, Versuchsanordnungen,.... also für das naturwissenschaftliche Arbeiten bekommen.

Kontrolle und Korrektur der Praktikumshefte sind wichtig. Sie geben Auskunft darüber, ob die Schüler/-innen die Aufgabe verstanden haben und in der Lage sind, die experimentellen Abläufe zu dokumentieren. Sind viele Protokolle fehler- oder lückenhaft, habe ich als Lehrerin die Möglichkeit im Unterricht Falsches zu korrigieren oder Fehlendes zu ergänzen. Für die Schüler/-innen entstehen durch Korrekturen keinerlei Nachteile, für die Beurteilung am Semesterende zählen ja ausschließlich die gestempelten Protokolle.

Die Beurteilung der Experimentalaufgaben als Leistungsvorlage in der beschriebenen Form hat sich bis jetzt bewährt. Sie ist für die Schüler/-innen transparent und hilft mir als Lehrerin, die Leistungen meiner Schüler/-innen in vergleichbarem Maß zu beurteilen.

6.3 Zur Verbreitung der Projekterfahrungen

Das Experimentalseminar an der PH Wien: „Aufgaben im Chemieunterricht, die auf die neue Reifeprüfung vorbereiten“ enthielt auch Experimentalaufgaben; sollen Experimente in der Vorbereitungszeit auf die Prüfung durchgeführt werden, müssen sie in den Grundzügen den Kandidat/-innen gut bekannt und vertraut sein. Die Erfahrungen aus meinem Chemieunterricht konnte ich für die Erstellung solcher Experimentalaufgaben nutzen.

Im Laufe der Diskussion mit den Seminarteilnehmer/-innen und durch die Erfahrungen beim Zusammenstellen meiner eigenen Fragen für die Reifeprüfung stellte sich heraus, dass kompetenzorientierte Fragen, die „virtuelle Experimente“ enthalten, sich für die Reifeprüfung sehr gut eignen. Unter „virtuellen Experimenten“ sind Beschreibungen von Versuchsabläufen und Beobachtungen zu verstehen.

Es wurde auf die Bedeutung des Textverständnisses besonders hingewiesen; die Aufgaben auf dem Gebiet der Chemie haben ein typisches Design, mit dem die Schüler/-innen vertraut sein müssen.

Die Grundlagen für den Experimentalworkshop am 13. ChemielehrerInnenkongress 2015 in Innsbruck: “Die vielen Seiten von einfachen Versuchen” entstammten wiederum Erfahrungen aus dem eigenen Unterricht. Das Seminar sollte Lust aufs „Selber durchführen“ machen. Das dürfte bei vielen Teilnehmer/-innen gut angekommen sein, sie baten mich um Zusendung weiterer Unterlagen.

7 REFLEXION UND AUSBLICK

Was bleibt nach diesem Schuljahr vom Experimentalunterricht?

Diese Frage stellte ich in einer der letzten Unterrichtsstunden meinen 4. Klasse- und 7. Klasse- Schüler/-innen.

Ich bat sie, die wichtigsten

1. Geräte,
2. Chemikalien und
3. Versuche,

die sie in diesem Schuljahr kennengelernt und sich gemerkt haben, aufzuschreiben.

Sie schrieben eifrig und ich freute mich auf die Fülle an „Chemie“, die mich erwartete.

Die 4. Klässler nannten 43 verschiedene **Laborgeräte**. Die meisten waren typische Laborgeräte, es waren jedoch auch Alltagsgeräte dabei, die für die Projektarbeit gebraucht wurden.

Die fünf am meisten genannten Geräte waren:

Pipette, Reagenzgläser, Gasbrenner, Messbecher und Hoffmannscher Wasserzersetzungsapparat.

Die ersten vier Geräte wurden beim Experimentieren verwendet, den Wasserzersetzungsapparat kannten sie aus einem Demonstrationsversuch.

Die fünf am meisten genannten **Chemikalien** waren:

Schwefelsäure, Natronlauge, Kupfersulfat, Salpetersäure und Salzsäure.

Auffallend war, dass fast ausschließlich die Namen und nicht die chemischen Formeln für die Chemikalien verwendet wurden.

Die fünf am meisten genannten **Versuche** waren:

Fehling-Reaktion, Destillation, Thermit – Reaktion, Elektrolyse des Wassers und Nachweis von Eiweiß, Zucker und Stärke.

Die meisten Nennungen erhielt die Fehling- Reaktion. Die Schüler/-innen lernten sie in einem Demonstrationsversuch kennen und führten sie wiederholt selber durch. Auch die Nachweise zu den Nährstoffen wurden in den Kleingruppen an verschiedenen Proben durchgeführt.

Die 7. Klässler nannten 40 verschiedene **Laborgeräte**. Am häufigsten Magnetrührer, Peleus-Ball, Bürette, Erlenmeyerkolben, Bunsenbrenner und Waage.

Alle Geräte haben sie selbst mehrfach verwendet.

Die am meisten genannten **Chemikalien** waren:

NaOH, Salzsäure, Indikatoren, Ammoniak und Natriumchlorid.

Auch die Oberstufenschülerinnen haben die Namen der Chemikalien, Ausnahme war NaOH, geschrieben und nicht die chemischen Formeln verwendet.

Die meisten genannten **Versuche** waren:

Titration, Pufferwirkung von Zahnpasta, Flammenfarben, Neutralisationsreaktion, elektrische Leitfähigkeitsmessung, Tüpfeln.

Alle genannten Versuche haben die Schüler/-innen im Praktikum durchgeführt.

Die Schüler und Schülerinnen haben das praktische Arbeiten und die Praktika geschätzt. Sie waren als Abwechslung sehr willkommen. Sie haben im Praktikum überwiegend konzentriert und gut gearbeitet; die Auswertung der Versuche ließ tlw. zu wünschen übrig. Manche Schüler/-innen haben bis zum Notenschluss nicht erkannt, dass sie für ihre Protokollführung selbst verantwortlich sind und folglich auch für die Beurteilung ihrer Arbeit. Manche mussten lernen, dass Abschreiben oder Kopieren die praktische Arbeit nicht ersetzt.

Versäumte Praktikumseinheiten nachzuholen ist schwierig. Die Schüler/-innen haben jedoch die Möglichkeit, versäumte Beispiele in den Chemieolympiadestunden nachzuholen. Diese Gelegenheit wurde von Einigen genützt.

Ich glaube, dass die deutliche und transparente Berücksichtigung der praktischen Arbeit in der Leistungsbeurteilung die Bedeutung des Experimentierens im Chemieunterricht gestärkt hat.

Die Vorbereitungen für Experimentaleinheiten sind aufwändig. Die Durchführung von Experimenten in Kleingruppen, vor allem in größeren Klassen, erfordert eine genaue Organisation und die konstruktive Mitarbeit der Klasse.

Die Freude und Zufriedenheit der Schülerinnen und Schüler über neue Erkenntnisse und gelungene Experimente wiegen meiner Meinung nach die Mühen der Vor- und Nachbereitung der Lehrkraft auf.

Die Erfahrungen aus diesem Schuljahr führen dazu, dass ich meine Aufgabensammlung ausbauen und den Praktikumsbetrieb in meinen Klassen weiterführen werde.

8 LITERATUR

- ALTRICHTER, Herbert & POSCH, Peter (1998). *Lehrer erforschen ihren Unterricht. Eine Einführung in die Methoden der Aktionsforschung*. Dritte erw. Aufl. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- ANTON, Michael, A. (2008). *Kompendium Chemiedidaktik*. Verlag Julius Klinkhardt. Bad Heilbronn.
- DEMUTH, Reinhard & PARCHMANN, Ilka & RALLE, Bernd (2007). Von VORMAYR, Elisabeth & VORMAYR, Günther für Österreich bearbeitet. *Chemie im Kontext*. Cornelsen. Veritas-Verlag Linz.
- HÄUSLER, Karl & RAMPF, Herbert & REICHEL, Roland (1995). *Experimente für den Chemieunterricht. Zweite Aufl., Oldenbourg Schulverlag GmbH, München*.
- HELMKE, Andreas (2004). *Unterrichtsqualität erfassen, bewerten, verbessern*. 3. Aufl. Seelze: Kallmeyersche Verlagsbuchhandlung.
- KRANZ, Joachim & SCHORN, Jens (Hrsg.) (2008). *Chemie Methodik. Handbuch für die Sekundarstufe I und II*. Cornelsen Verlag Skriptor. Berlin.
- MEYER, Hilbert (2004). *Was ist guter Unterricht?* Berlin: Cornelsen
- WEINERT, Franz E. (Hrsg.). (2002) *Leistungsmessungen in Schulen*. 2. unv. Aufl. Beltz Verlag. Weinheim und Basel.
- ALBRECHT u. a. (2003). *Erlebnis Chemie 4*. E. DORNER GmbH, Wien. Buch-Nr. 110668.
- BERGS, Meike & WALPUSKI, Maik (2013). *Lernen mit Experimenten – Eine Intervention zum Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung*. GFD Tagungsband Fachtagung 2013 . Posterslot 2.
- NIEL, Elisabeth (2005). *Forschen, Zaubern, Experimentieren – chemische Versuche für die 1. und 2. Klasse*. MNI 152.
- NIEL, Elisabeth (2006). *Leitfaden für ein Praktikum im Chemieunterricht der Oberstufe (7. Klasse, Rg)*. MNI 331.
- NIEL, Elisabeth (2007). *Leitfaden für ein Praktikum im Chemieunterricht der Oberstufe (8. Klasse, Rg)*. MNI 717.
- NIEL, Elisabeth (2008). *Naturwissenschaftliches Labor für die 5. bis 7. Schulstufe*. MNI 1095.
- NIEL, Elisabeth (2009). *Naturwissenschaftliches Praktikum für die 5. bis 7. Schulstufe. Zum Design von Forschungsaufgaben*. IMST S5 ID 1533
- NIEL, Elisabeth (2010). *Neue Forschungsaufgaben im praxisorientierten Chemieunterricht der Sekundarstufe I*. IMST S5 ID 1816
- NIEL, Elisabeth (2012). *Praxisorientierter Chemieunterricht in der 8. Schulstufe*. IMST ID 746.
- NIEL, Elisabeth: persönliche Notizen
- www.axel-schunk.de/experiment/archiv.html Experiment des Monats. Korrosionsschutz. Juli 1998. (14. 7. 2015)