



**Fonds für Unterrichts- und Schulentwicklung
(IMST-Fonds)**

S5 „Entdecken, Forschen und Experimentieren“

**CHEMIE LERNEN DURCH EIGEN-
STÄNDIGES EXPERIMENTIEREN
CHEMISCHE EXPERIMENTE SELBST PLANEN**

ID 1041

Edwin Scheiber

Wiedner Gymnasium/Sir Karl Popper Schule Wien

Wien, Juli 2008

INHALTSVERZEICHNIS

INHALTSVERZEICHNIS	2
ABSTRACT	4
1 EINLEITUNG	5
1.1 Ausgangssituation.....	5
1.2 Analyse der Filme des Vorgängerprojekts	6
1.3 Ziele des Projekts - Forschungsfragen.....	6
2 DURCHFÜHRUNG	8
2.1 Konzeption – Design des Projekts	8
2.2 Lerngruppe 11. Schulstufe	9
2.2.1 Fachinhalte des vorangegangenen Unterrichts.....	9
2.2.2 Vorwissensaktivierung	10
2.2.3 Präexperimentelle Phase	10
2.2.4 Experimentelle Phase	10
2.2.5 Postexperimentelle Phase	11
2.3 Lerngruppe 12. Schulstufe	11
2.3.1 Fachinhalte des vorangegangenen Unterrichts.....	11
2.3.2 Vorwissensaktivierung	11
2.3.3 Präexperimentelle Phase	12
2.3.4 Experimentelle Phase	12
2.3.5 Postexperimentelle Phase	12
3 EVALUATION	13
3.1 Evaluationskonzeption	13
3.2 Analyse der Filmaufnahmen	13
3.2.1 Ergebnisse der Lerngruppe 11. Schulstufe	13
3.2.2 Ergebnisse Lerngruppe 12. Schulstufe	15
3.3 Interviews.....	15
3.3.1 Ergebnisse der Lerngruppe 11. Schulstufe (Mädchenklasse).....	16
3.3.2 Ergebnisse der Lerngruppe 12. Schulstufe (gemischt)	19
4 REFLEXION UND AUSBLICK	22
4.1 Allgemeine positive Erkenntnisse	22

4.2	Reflexion zur methodischen Umsetzung.....	22
4.3	Kritikpunkte	23
4.4	Ziele und Forschungsfragen	23
4.5	Ausblick.....	25
	LITERATUR	26

ABSTRACT

Das Projekt, das der vorliegenden Dokumentation zugrunde liegt, stellt die Fortsetzung des Projekts im Vorjahr „Integration von chemischen Experimenten in den Lernprozess“ dar. Das Experimente im Chemieunterricht ist nicht Selbstzweck oder reine Motivationsförderung sondern dient der Beantwortung von (Forschungs)fragen, die optimalerweise von den Schüler/innen selbst gestellt werden (sollen). Die Unterscheidung der unterschiedlichen Phasen (präexperimentelle, experimentelle und postexperimentelle Phase) führen zu einer Unterrichtsmethodik, die Selbstständigkeits- und Lernförderung für Schüler/innen der Sekundarstufe II darstellt. Die Analyse der Video-Unterrichtsmitschnitte im Vorjahr hat gezeigt, dass der präexperimentellen Phase eine ausreichende Zeit der Vorwissensaktivierung vorausgehen muss, damit die Methodik erfolgreich sein kann. Dies wurde in diesem Jahr berücksichtigt, methodisch klar formuliert, durchgeführt und durch Videoanalyse und Schüler/innen-Gruppeninterviews extern evaluiert. Die vorliegende Dokumentation stellt die Ergebnisse der Untersuchung ausführlich dar und schlägt eine Checkliste für die Durchführung von Experimentalphasen im Chemieunterricht vor.

Schulstufe: 11. und 12. Schulstufe
Fächer: Chemie
Kontaktperson: Dr. Edwin Scheiber
Kontaktadresse: Wiedner Gymnasium/Sir Karl Popper Schule
Wiedner Gürtel 68
A-1040 Wien
escheiber@schule.at

1 EINLEITUNG

Das Projekt ist eine Fortsetzung des IMST-Projekts des Vorjahres „Integration von chemischen Experimenten in den Lernprozess“. Grundlage dieser Initiative und Innovation war, dass chemische Experimente in der Unterrichtspraxis der Chemielehrer/innen einerseits als Motivationselement und andererseits zur Unterstützung von Erklärungen für Phänomene eingesetzt werden. Experimentiert wird entweder in Form der Demonstration von Experimenten oder bei Schülerexperimenten nach „Kochrezept“ mit anschließendem Ausfüllen von Protokollblättern. Ich halte diese Art des Einsatzes von Experimenten für wichtig. Trotzdem bin ich der Ansicht, dass eigenständiges Experimentieren erst dann für den Lernprozess wirksam wird, wenn die Schüler/innen selbst Experimente planen. Dazu müssen sie sich aber vorher Forschungsfragen selbst stellen (lernen). Im Rahmen des diesjährigen Projekts werden weitere Bausteine und Kriterien für die Integration des chemischen Experiments in den Lernprozess erarbeitet.

1.1 Ausgangssituation

Das Vorgängerprojekt und die Erkenntnisse daraus können folgendermaßen zusammengefasst werden:

Bei der Integration der eigenständigen Experimentalarbeit der Schüler/innen wird dreischrittig vorgegangen [vgl. ANTON, 1998; NEBER & ANTON, 2008; SCHEIBER, 2007a]:

Präexperimentelle Phase: Schüler/innen finden eigenständig Forschungsfragen, die experimentell beantwortet werden können.

Experimentelle Phase: Schüler/innen führen selbst geplante Experimente durch, um ihre Hypothesen bzw. vorläufigen Antworten auf ihre eigenen Fragen zu verifizieren oder falsifizieren.

Postexperimentelle Phase: Schüler/innen werten ihre Ergebnisse aus, reflektieren ihre Arbeit und stellen weitere Fragen. Im Optimalfall führt dies erneut zu einer präexperimentellen Phase.

Die wichtigsten Erkenntnisse:

- Selbstständiges Arbeiten und das „Selbst denken müssen und auf etwas draufkommen“¹ wurde von den Schüler/innen besonders positiv empfunden.
- Die Arbeitsweise erhöhte bei fast allen Schüler/innen das Interesse am Fach Chemie. Die Mädchen begründeten diese Aussage in den Gruppeninterviews im Rahmen der Evaluation des Projekts meist ausführlicher
- Die systematische Auswertung der Interviewaussagen bezüglich des Geschlechts ergab, dass die Mädchen teilweise einen stärkeren Lernprozess durchzumachen scheinen als die Burschen. Sie mussten erst ihre eigenen Bedenken und Ängste bewältigen, um konstruktiv arbeiten zu können, hatten dafür beim erfolgreichen Erfüllen der Aufgaben aber auch konkretere und größere Erfolgserlebnisse als die Burschen.

¹ Zitat aus den Interviews mit den Schüler/innen im Rahmen der Evaluation

- Die methodische Umsetzung ist noch nicht optimal gelungen. Die Inputsequenz war zu komplex. Die Unterrichtsphasen noch nicht genügend gut strukturiert.

1.2 Analyse der Filme des Vorgängerprojekts

Um die präexperimentelle Phase didaktisch besser planen zu können und ein optimales Design für die Evaluation des diesjährigen Projekts zu finden, wurden die im Vorjahr erstellten Filmaufnahmen der präexperimentellen Phasen der unterschiedlichen Lerngruppen Dr. Michael Anton² zur Analyse vorgelegt.

Die **Ergebnisse der Analyse** können in drei Punkten zusammengefasst werden:

- Das Filmen von nur relativ kurzen Sequenzen der einzelnen Schüler/innenarbeitsgruppen in der präexperimentellen Phase ist ungünstig. Der Prozess lässt sich nicht kontinuierlich verfolgen.
- Die zur Initiierung der präexperimentellen Phase eingesetzten fachlichen „Statements“ sind zu undifferenziert, zu komplex und werden von den Schüler/innen zunächst auf ihre Richtigkeit hinterfragt.
- Vor dem Einstieg in die präexperimentelle Phase, als Basis für das Fragenstellen braucht es eine Phase der Vorwissensaktivierung. Diesem Bereich müsste eine größere Aufmerksamkeit gewidmet werden.

Als **Konsequenzen** für die Planung und Durchführung der Projektphasen ergeben sich daraus:

- Nur eine Gruppe soll über die gesamte Projektzeit bei allen Phasen gefilmt werden.
- Vor der präexperimentellen Phase muss es eine ausgewiesene Phase der Vorwissensaktivierung geben, für die auch ausreichend Zeit zur Verfügung steht.
- An Stelle von (fachlich, inhaltlich) komplexen Statements müssen andere Methoden der Initiierung des Fragenstellens treten.
- Die Lern- und Leistungsphasen müssen klar definiert werden.

1.3 Ziele des Projekts - Forschungsfragen

Die Ziele und Forschungsfragen sind relativ hoch gesteckt und können (vermutlich) in einem IMST-Projektjahr nicht erschöpfend erfüllt und beantwortet werden. Ich sehe dieses Projektjahr als einen weiteren Schritt in diese Richtung.

Hauptziel der Innovation ist, dass Schüler/innenexperimente im Rahmen des Chemieunterrichts nicht bloß zur Interessens- und Motivationsförderung eingesetzt werden, sondern als wesentlicher Bestandteil in den Lernprozess integriert werden.

² Prof. Dr. Michael Anton, LMU München, Didaktik und Mathematik der Chemie

Daraus ergibt sich die Zielsetzung, Hilfestellungen für Lehrpersonen zu erarbeiten, um die einzelnen Experimentalphasen in der unterrichtlichen Praxis umsetzen zu können.

In diesem Zusammenhang stellen sich als Forschungsfragen:

Wie gehen die Schüler/innen in den einzelnen Phasen – von der Vorwissensaktivierung bis zur postexperimentellen Phase – mit dieser neuen Situation um? Wie kommen sie in die Phase des Fragenstellens? Was hilft ihnen dabei, was hindert sie? Wie finden sie ihre Forschungsfragen und Hypothesen (vorläufigen Antworten)? Welche Kommunikationsstrukturen können dabei beobachtet werden? Welche Erfolgs-/Mißerfolgskriterien sind für die Durchführung der experimentellen Phase festzustellen?

Hinsichtlich Gender sollte folgenden Fragen im Rahmen der Schülerinterviews nachgegangen werden:

Wie gehen reine Mädchengruppen zum Unterschied von gemischten Gruppen an diese Unterrichtskonzeption heran? Gibt es eine gendermäßige Bevorzugung durch diese Art des experimentellen Chemieunterrichts? Wie denken die Schüler/innen darüber?

2 DURCHFÜHRUNG

Das Projekt wurde nach der Analysephase der Videoaufnahmen vom Vorjahresprojekt und diversen Beratungsgesprächen mit Didaktikern und Frau Dr. Streissler, die wie im Vorjahr das Gendercoaching und die externe Evaluation übernommen hat, am Beginn des Sommersemesters in zwei Lerngruppen unterschiedlicher Schüler/innenpopulation und Klassenstufen durchgeführt. Schließlich wurden auch zwei verschiedene Themen zu Grunde gelegt.

2.1 Konzeption – Design des Projekts

Nach einer Unterrichtsphase über die wichtigsten theoretischen Fachinhalte des jeweiligen Themas erfolgte die Umsetzung des Projekts in vier Phasen:

1. Vorwissensaktivierung

Diese Phase dient den Schüler/innen dazu, ihr bisheriges Wissen über das Thema zu sammeln, zu wiederholen und sich darüber bewusst zu werden. Die Analyse des Vorjahresprojekts hat gezeigt, dass sich die Schüler/innen diese Phase im Rahmen der präexperimentellen Phase nehmen bzw. dass sie sich sehr beim Fehlen einer solchen Phase sehr schwer tun, Forschungsfragen zu stellen.

2. Präexperimentelle Phase

In dieser Phase werden Forschungsfragen gesammelt, sortiert und daraus eine Frage ausgewählt, die in der Folgephase experimentell beantwortet werden soll. Es werden Hypothesen (vorläufige Antworten) formuliert und ein Plan zur Durchführung der Experimente erstellt.

3. Experimentelle Phase

In diesem Zeitraum werden die Experimente durchgeführt, protokolliert und aus den Beobachtungen und Messergebnissen Schlussfolgerungen gezogen bzw. die Forschungsfrage beantwortet.

4. Postexperimentelle Phase

Schließlich wird geprüft, ob die Hypothesen falsifiziert bzw. verifiziert werden konnten, und Gelegenheit gegeben, die Arbeit noch einmal zu reflektieren. Außerdem sollen weitere Fragen gestellt werden, die sich aus der Bearbeitung des Themas noch stellen.

Am Beginn des Projekts wurde diese Vorgangsweise den Schüler/innen mit Hilfe eines Arbeitsblatts³ vorgestellt und erklärt.

In jeder Lerngruppe wurde eine Schüler/innengruppe gebeten sich für die Videoaufnahmen zur Verfügung zu stellen. Nach kurzem Zögern und der Vergewisserung darüber, was mit dem Filmmaterial passiert, und in welcher Weise die Projektphase die Leistungsbeurteilung beeinflusst, hat sich in jeder Klasse eine "Filmgruppe" gemeldet.

Diese Filmgruppe wurde bei allen Phasen die gesamte Arbeitszeit lang gefilmt. Dabei wurde der Gruppe im Chemiesaal ein Platz zugewiesen und die Videokamera, die

³ Arbeitsblatt siehe Anhang

auf einem Stativ angebracht war, am Beginn der Unterrichtsphase eingeschaltet bzw. am Ende wieder abgeschaltet. Nur in der Experimentalphase der "Popperklasse" hat eine Schülerin, die in den vorhergehenden Phasen gefehlt hatte, die Kameraführung übernommen, und auch andere Gruppen gefilmt.

Den Schüler/innen wurde zugesichert, dass die Filmaufnahmen nur von mir und Prof. Michael Anton als Fachdidaktiker angesehen und ausgewertet werden. Fachlich fehlerhafte Aussagen der Schüler/innen im Rahmen dieser Phasen wurden nicht bewertet. Das Endergebnis der Unterrichtsphase, die abzugebenden schriftlichen Aufzeichnungen (die Fragen, die Hypothesen, das Experimentalprotokoll, die Ergebnisse und Schlussfolgerungen), wurden in die Gesamtbeurteilung in Gewichtung eines Tests einbezogen.

2.2 Lerngruppe 11. Schulstufe

Es handelt sich um eine reine Mädchenklasse mit 7 ordentlichen Schülerinnen und 3 Gastschülerinnen aus Bratislava. Für diese Lerngruppe ist es nach der Sekundarstufe I das erste Lernjahr aus Chemie in der Oberstufe. Im Laufe des 1. Semesters konnte ich eine sehr gute und von gegenseitigem Vertrauen geprägte Lernatmosphäre schaffen. Obwohl Chemie für die meisten Schülerinnen nach eigenen Angaben nicht das interessanteste Unterrichtsfach ist, konnte ich eine hohe Leistungsbereitschaft und großes Lernengagement feststellen. Die anonymen Feedbacks nach dem 1. Semester bestätigten meine Wahrnehmungen.

Die Schülerinnen waren sofort bereit beim Projekt mitzumachen und wurde in den Feedbacks am Schuljahresende noch einmal von mehreren Schülerinnen explizit als positive Unterrichtsphase genannt, die "sehr abwechslungsreich [war] und [...] Spaß gemacht [hat]".

Als Themenbereich für die Durchführung der Experimentalphasen wurde "Säuren und Basen" gewählt. Diese Inhalte standen zum Zeitpunkt der Projektphase in meinem Jahresplan.

2.2.1 Fachinhalte des vorangegangenen Unterrichts

In einem lehrerzentrierten Unterricht (Fachvortrag mit Übungsphasen in Teamarbeit, Brainstorming) wurden innerhalb von 5 Unterrichtseinheiten folgende Unterrichtsinhalte zum Thema "Säuren und Basen" behandelt:

Definitionen nach Brönsted

Unterschiede: Säure/saure Lösung – Base/Lauge

Beispiele für Säuren und Basen sowie sauren Lösungen und Laugen

Protolysegleichgewichte in Wasser

Konjugierte Säure-/Basenpaare

Säurestärke mit Quantifizierung (pK_s)

Ampholyte

pH-Wert, pOH-Wert (Definition, Autoprotolyse des Wassers, Zusammenhang pH/pOH-Wert)

Pufferlösungen

Indikatoren

Neutralisationsreaktionen

2.2.2 Vorwissensaktivierung

Diese Phase wurde mittels Concept Mapping durchgeführt. Den Schülerinnen wurde am Beginn der Unterrichtsphase diese Methodik kurz in Erinnerung gebracht. Ich habe betont, dass das Ziel nicht eine möglichst schöne Concept Map ist, sondern diese Unterrichtsphase der Aktivierung ihres Vorwissens dient, damit sie in der nächsten Phase leichter zu Forschungsfragen finden.

Ich ging während der Arbeitszeit von einer Gruppe zur anderen, beantwortete technische oder fachliche Fragen, ermunterte die Schülerinnen ihre Pläne weiter zu verfolgen und gab dort und da Tipps, die die Weiterarbeit erleichtern konnten.

Ich habe für diese Phase 1,5 Unterrichtseinheiten vorgesehen. Die Schülerinnen arbeiteten unterschiedlich schnell und brauchten tatsächlich 1 bis 1,5 Unterrichtseinheiten. Diese zeitliche Individualisierung ist ein sehr wichtiger Faktor für das gute Gelingen der Arbeit.

2.2.3 Präexperimentelle Phase

Die Schülerinnen hatten in dieser Phase die Forschungsfragen zu finden, zu formulieren und eine Frage daraus auszuwählen, die ihnen aus momentaner Sicht am interessantesten erschien und die sich experimentell beantworten lassen kann. Es musste ein Experimentalplan (mit Materialliste für mich zur Vorbereitung der nächsten Unterrichtsstunden) erarbeitet werden. Weiters mussten die vorläufigen Antworten auf ihre Frage aufgeschrieben werden.

Die drei Gruppen haben folgende Fragestellungen entwickelt:

- Wie verändern sich/reagieren Speichelproben, Blut und Hühnereiweiß bei Kontakt mit verschiedenen verdünnten bzw. konzentrierten Säuren/Laugen? Wie wird die ätzende Wirkung sichtbar?
- Ab welcher Konzentration beginnen Salpetersäure/Essigsäure Eiweiß sichtbar zu zerstören?
- Wie verhält sich der pH-Wert bei Veränderung der Temperatur?

Für diese Phase hatte ich auch 1,5 Unterrichtseinheiten geplant. Die Schülerinnen benötigten dazu 1 bis 1,5 Unterrichtsstunden.

2.2.4 Experimentelle Phase

Wie der Name schon sagt, wurden in dieser Phase die Experimente durchgeführt. Dazu hatte ich die Arbeitsgeräte und Chemikalien, die die Schülerinnen auf ihren Materiallisten angegeben hatten, für jede Gruppe in Kisterln vorbereitet.

Wo nötig gab ich vor Beginn der Arbeit Sicherheitsanweisungen und unterstützte die Schülerinnen während dieser Phase wie bei einer normalen Schülerexperimentalphase. Der Unterschied war jedoch, dass sie nach ihrer eigenen Arbeitsanleitung experimentierten.

Als Zeitraum für die Durchführung dieser Phase hatte ich 1,5 Unterrichtseinheiten geplant. Je nach Arbeitsaufwand benötigten die Schülerinnen 1,5 bis 2 Unterrichtsstunden.

2.2.5 Postexperimentelle Phase

In dieser Arbeitsphase wurden die Ergebnisse noch einmal gesichtet, Protokolle vervollständigt und die Hypothesen überprüft. Es sollten auch weiterführende Fragen gestellt werden.

Für diesen Arbeitsteil war wesentlich weniger Zeit nötig als ich ursprünglich geplant hatte, nämlich nur 0,5 bis 1 Unterrichtseinheit an Stelle der geplanten 1,5 Unterrichtsstunden.

In dieser Lerngruppe habe ich am Ende dieser Phase auf Wunsch der Schülerinnen die Ergebnisse der einzelnen Gruppen, aufgetretene Unklarheiten und Fehlinterpretationen in einer Plenumsphase besprochen und diskutiert.

2.3 Lerngruppe 12. Schulstufe

Bei dieser Lerngruppe handelt es sich um den Schwerpunktkurs Chemie der Sir-Karl-Popper-Schule. Die 6 Mädchen und 7 Burschen dieses Kurses besuchen diesen Schwerpunktkurs im zweiten Lernjahr jeweils 4 Stunden pro Woche und haben auch beim Vorjahresprojekt mitgewirkt. Die Schüler/innen waren sofort bereit auch heuer wieder mitzumachen, ja sie haben sogar bereits am Beginn des Schuljahres gefragt, ob es auch heuer wieder eine solche Arbeitsphase geben würde, weil sie dies im Vorjahr sehr positiv erlebt hatten.

Für diese Klasse habe ich das Thema "Halogene" gewählt, um herauszufinden, ob auch ein kleines, kompaktes Unterrichtsthema mit relative stark deskriptivem Anteil für eine solche Arbeitsphase geeignet sei.

2.3.1 Fachinhalte des vorangegangenen Unterrichts

Die Grundlagen der anorganischen, allgemeinen Chemie für das Thema Halogene wurden bereits im Rahmen des vorangegangenen Chemieunterrichts, teilweise bereits im Vorjahr bearbeitet. Für das Thema selbst habe ich als Einstieg einen Kurzfilm und einen kurzen Lehrervortrag, beides innerhalb einer Unterrichtseinheit, gewählt. Die Inhalte davon waren:

Gemeinsame Eigenschaften und typisches Reaktionsverhalten der Halogene

Gewinnung von Chlor

Anwendungsbeispiele für Halogene

2.3.2 Vorwissensaktivierung

Die Vorwissensaktivierung erfolgte über ein Concept Mapping. Zum Unterschied zur anderen Gruppe habe ich bei dieser Gruppe jedoch Begriffe vorgegeben und auf kleine Zetteln geschrieben. Durch Auflegen/Aufkleben auf ein Plakat wurde das Concept Map gestaltet.

Auch bei dieser Gruppe hatte ich darauf hingewiesen, dass es nicht um die Erstellung eines möglichst schönen Plakats geht, sondern diese Phase eben der Vorwissensaktivierung dient.

2.3.3 Präexperimentelle Phase

Diese Phase wurde ebenso durchgeführt wie in der Lerngruppe der 11. Schulstufe (siehe Kapitel 2.2.3).

Es wurden folgende Fragestellungen entwickelt und untersucht:

- Kann man durch eine Verbrennungsreaktion aus PVC Hydrogenchlorid herstellen?
- Wie kann man Fotopapier selbst herstellen, belichten und entwickeln?
- Wie kann man in verschiedenen Zahnpasten Fluor qualitativ nachweisen? Ab welcher Menge ist dies möglich?
- Wie kann man Flusssäure herstellen und diese qualitativ nachweisen?

2.3.4 Experimentelle Phase

Auch diese Phase wurde wie schon in Kapitel 2.2.4. beschrieben gestaltet.

2.3.5 Postexperimentelle Phase

In dieser Lerngruppe ist diese Phase äußerst kurz ausgefallen. Auf eine Nachbesprechung bzw. Diskussion der Ergebnisse hatte ich angesichts der knappen Zeit vor der Reifeprüfung verzichtet.

3 EVALUATION

3.1 Evaluationskonzeption

Die summative Evaluation des Projekts besteht aus einem internen und einem externen Teil. Die interne Evaluation erfolgte über ein Projekttagebuch, in dem ich meine Eindrücke, Beobachtungen und Wahrnehmungen direkt nach Durchführung jeder Arbeitsphase festgehalten habe. Die Erkenntnisse daraus fließen in die Reflexion implizit ein.

Der externe Teil der Evaluation besteht aus der Analyse der Filmaufnahmen durch Michael Anton von der Universität München und Gruppeninterviews der Schüler/innen durch Anna Streissler von der Universität Wien.

3.2 Analyse der Filmaufnahmen

Wie bereits in Kapitel 2 erwähnt, wurde in beiden Lerngruppen jeweils eine Schüler/innengruppe in allen vier Phasen gefilmt. Dieses Videomaterial wurde im Anschluss geschnitten und auf DVD kopiert. Dazu wurden Leerläufe am Beginn und am Ende, aber auch in der Experimentalphase weggeschnitten, die keinerlei Information für die Fragestellungen (siehe Abschnitt 1.3) liefern. Das geschnittene Videomaterial wurde dem Fachdidaktiker Michael Anton vorgelegt. Dieser hat die Unterrichtssequenzen aus fachdidaktischer und mathetischer Sicht analysiert und mir seine Kommentare und Schlussfolgerungen zu den einzelnen Sequenzen schriftlich mitgeteilt. Aus diesen Unterlagen werden die folgenden Ergebnisse zusammengefasst. **Wörtlich übernommene Kommentare von Michael Anton** werden in den folgenden Unterabschnitten *kursiv* geschrieben wiedergegeben.

3.2.1 Ergebnisse der Lerngruppe 11. Schulstufe

Es wird eine Gruppe von drei Mädchen bei allen Phasen ständig gefilmt.

Vorwissensaktivierung (concept mapping – Thema Säuren/Basen)

Die durchgenommenen Teilabschnitte und Schlüsselbegriffe liegen den Schülerinnen schriftlich zusammengefasst vor (siehe Abschnitt 2.2.1). Davon ausgehend werden zur Erstellung der concept-map von den Schülerinnen die verschiedenen Fachbegriffe auf Zetteln geschrieben und geclustert auf ein Papier aufgelegt. *Die Idee mit dem concept map diese breite, voluminöse Wissensseinheit Säure/Base in ihrem Gesamt zu aktivieren und dabei Beziehungen zu visualisieren erscheint sehr hilfreich, effizient und faszinierend. Die Gruppenarbeit macht dies besonders deutlich und weist sich als sehr geeignet aus. Die Gespräche sind äußerst fokussiert auf den Arbeitsauftrag. Es gibt keine Nebengespräche. Man sieht förmlich wie das Wissen flexibel und frei kombinierbar wird. Mit dieser Aktivierungsmethode löst sich die Chronologie des Durchnehmens aller einzelnen Themen auf. Es entsteht eine Vernetzung und gleichzeitig Flexibilisierung. Dies sind dann die besten Voraussetzungen für die Nutzung des Wissens für inner- und dann außerfachliche Problemstellungen.*

Während der Entstehung des concept-map werden eigentlich fortwährend Fragen beantwortet, die nicht ausdrücklich gestellt worden sind. Das Auflegen der Zettel ist jeweils eine Antwort auf die Frage nach den Beziehungen.

Durch dieses "Knowledge-Mapping" wird verhindert, dass "durch die komplexe Lernsituation Wissen eingekapselt wird und als solches kaum mehr zur Verfügung steht, wenn es darum geht, es in neuen Zusammenhängen nutzbringend zu aktivieren und frei zu kombinieren" [ANTON, 2008a].

Vorteil dieser Arbeit ist vor allem, dass jedes Gruppenmitglied an jeder Stelle selbstständig weiterdenken kann. Durch die Zuordnung jedes Zettels entsteht automatisch eine eventuell nötige Korrektur durch die anderen Teilnehmerinnen.

Präexperimentelle Phase

Nach der Aufforderung des Lehrers nun die Fragensuche auf der Basis der erstellten concept-maps zu beginnen, beginnen die Mädchen rasch mit der Aktivierung der fachlichen Beziehungen. Dabei entstehen Fragen, die als solche zunächst noch nicht wahrgenommen werden.

Man erkennt deutlich, wie das Faktenwissen per se weniger Wert ist als das Arbeiten damit. Es wird eine neue Ebene des Wissensumgangs betreten. Im Hinblick auf das Wissensmodell von H. Neber wird in dieser Phase der Schritt vom Faktenwissen in Richtung von Expertenwissen beschrritten. Neber spricht in dieser Ebene von "Konditionen", die "Bedingungen für den Einsatz von Fakten" darstellen. Die nächste Phase führt zum Begriff "Funktionen" in diesem Modell: "Funktionen sind Ziele bzw. Zielzustände, die sich durch den Einsatz von Fakten erreichen lassen." [NEBER, 1993]

Die Arbeit kommt in eine langsamere Phase, es gibt Nachdenkphasen, in denen mit verschiedenen Faktenkombinationen "gespielt" wird. Es wird in dieser schwierigen Phase Hilfe des Lehrers eingefordert. Es scheint eine Fokussierung auf einen Fragenaspekt und die "Rückführung" auf eine *geordnete Denkweise* nötig. Langsam kristallisiert sich die Fragestellung heraus. Bei der weiteren Konzeption der Experimente für die nächste Phase *überlagern die Vorgehensweise (Prozess) mit den Utensilien (Geräte/Chemikalien)*. Hier wäre ein Hinweis auf Unterscheidung (1. Prozess- und Zielbeschreibung, 2. Utensilienplanung) angebracht.

Experimentalphase

Die Utensilien sind bereits vorbereitet und der Lehrer weist auf Sicherheitsvorkehrungen beim Umgang mit (konzentrierten) Säuren und Laugen hin. Es wird konsequent gearbeitet. *Erneut ist festzustellen, dass die lange und detaillierte Beobachtung offenbar auf der selbst entworfenen Fragestellung basiert. Über die gesamte Zeit ist der Dialog themenorientiert (keine Ablenkung, hohe Fokussierung).*

Zusammenfassende Stellungnahme

Die präexperimentelle Phase mit Vorwissensaktivierung, Fragenfindung und Hypothesenbildung kann besonders deutlich vorgestellt werden. Die Verwendung des concept mapping erscheint in diesem Zusammenhang überaus überzeugend, insbesondere die Art der tatsächlichen Durchführung beeindruckt. Fragenfindung und –hierarchisierung können sicher ausgemacht werden. Nicht so deutlich werden die Hypothesen formuliert. Hier könnte man stärker einfordern, dass nach der Hauptfrage auch eine Hypothese deutlich ausformuliert wird.

Der Übergang zum experimentellen Teil ist gut erkennbar. Beim Konzipieren der Vorgehensweise sollte noch klarer getrennt werden zwischen Prozess und Darstellung der Arbeitsschritte, eventuell als Skizze oder Schema und der Zusammenstellung von Geräten und Chemikalien.

Die Durchführung geschieht äußerst konzentriert und frustrationsfrei. Die Dokumentation ist eindeutig! Sie zeigt überzeugend auf, wie sicher sich die Phasen im Rahmen der Unterrichtsarbeit gestalten lassen.

3.2.2 Ergebnisse Lerngruppe 12. Schulstufe

Vorwissensaktivierung (concept mapping mit vorgegebenen Begriffen zu Halogenen) und präexperimentelle Phase

Die vorgegebenen Begriffskärtchen werden geclustert. Die Schüler/innen gehen konzentriert vor, *Beziehungen werden als Zielsetzung betont*. Dabei werden auch andere Unterlagen und Hilfe verwendet.

Im Vergleich zur 7. Klasse stellt sich die Gruppe eher unbeholfen und "langsam" dar. Die Blickorientierung zu Lehrer ist auffallend. Eventuell ist auch die Aufgabenstellung schwieriger.

Nach dem Aufkleben der Kärtchen zum Begriffsnetz kommt das Fragen finden langsam in Fahrt. *Das Engagement jedes einzelnen Gruppenmitglieds ist deutlich unterschiedlich und zeitlich von Höhe- und Tiefpunkten durchbrochen*. Hilfestellungen durch den Lehrer und das einfordern von "Fragen, Hypothesen, Formulierung der Hauptfrage und Versuchsanleitung zur Erforschung der Frage" führt zum Ziel.

Experimentelle Phase

In dieser Lerngruppe zeigt die Beobachtung der experimentellen Phase etwas deutlich auf, was Neber und Anton in ihren Untersuchungen auch feststellen konnten [vgl. NEBER & ANTON, 2008]:

Wenn die Schüler/innen in den präexperimentellen Teil vollständig eingebunden sind, dann verhalten sie sich in der experimentellen Phase auffallend souverän und selbstsicher. Überdies zeigen sie sehr deutlich dass aufgrund der Planungen die Vorgehensweise a) sicher und b) stringend gestaltet werden können. Die Schüler/innen wissen, warum sie das tun, was sie tun.

Man gewinnt auch den Eindruck, dass die Selbstständigkeit innerhalb kurzer Zeit zunimmt. Dies zeigen ausnahmslos alle experimentierenden Gruppen dieser Klasse.

Ein solcher Chemieunterricht erweist sich als "hohe Schule" und stellt den SOLL-Zustand dar. Darüberhinaus wird es dann wichtig, die fachlichen Kenntnisse auch außerhalb der Fachprobleme anwendungsfähig zu machen.

3.3 Interviews

Die insgesamt 7 Gruppen der beiden Klassen wurden von Anna Streissler interviewt. Die Interviews dauerten zwischen 15 und 27 Minuten. Leider waren am Interviewtermin einige Schüler/innen erkrankt, weshalb die Interviewgruppen nicht "komplette Arbeitsgruppen" waren. Statt einem Gruppeninterview musste sogar ein Einzelinterview geführt werden.

Es wurde ein Frageleitfaden verwendet, der bereits in ähnlicher Weise für die Evaluation anderer MNI-Projekte eingesetzt worden ist:

- Einstieg: kurze Beschreibung des Projektes
- positive Aspekte
- negative Aspekte

- Verbesserungsvorschläge
- Hat das Projekt die Einstellung der Schüler/innen zum Fach verändert und wenn ja, inwiefern? Wie kommt das Fach jetzt bei ihnen an?
- Gibt es Unterschiede in der Arbeitsweise von Mädchen und Burschen bei solchen Aufgaben?
- Abschlussfrage: Was wollen die Schüler/innen sonst noch über das Projekt sagen? Möglichkeit einer „Botschaft“ an ihren Lehrer, bezüglich des Projektes, des Regelunterrichtes und des Lehrers

Die Interviews wurden mit einem digitalen Tonbandgerät aufgenommen, transkribiert und inhaltsanalytisch und texthermeneutisch ausgewertet. Die folgende Beschreibung der Ergebnisse wurde größtenteils im Wortlaut von der Interviewerin Anna Streissler übernommen. *Kursiv geschriebene Textteile* in den folgenden Ergebnisdarstellungen sind Worte, die die Schüler/innen durch das Absetzen der Stimme besonders betonten.

3.3.1 Ergebnisse der Lerngruppe 11. Schulstufe (Mädchenklasse)

Die Schülerinnen beschrieben alle die wesentlichen Stadien des Projektes, wobei manche sich eher auf das allgemeine Design konzentrierten, andere sofort von ihrem eigenen Experiment erzählten. Die Art und Weise, wie die Schülerinnen von den einzelnen Phasen berichteten, lässt aber auf einen für sie ganz klar nachvollziehbaren Aufbau des Projektes schließen.

Den allgemeinen Aufbau konnte ich an Hand der verschiedenen Aussagen folgendermaßen rekonstruieren:

- 1) Erarbeiten von theoretischem Grundwissen zum Stoff an Hand einer “mind map” oder “concept map”
- 2) Eigenständiges Erstellen einer Frage und eines Konzeptes für das Experiment in einer Kleingruppe, Besprechen der Vorschläge mit Lehrer, v.a. welche Fragen sich überhaupt experimentell umsetzen lassen
- 3) Experimente (eine Gruppe erwähnte davor noch eine kurze Einführung zu Vorsichtsmaßnahmen bei der Laborarbeit)
- 4) Protokolle
- 5) Nachbesprechung: wurde die in der Gruppe entwickelte Hypothese bestätigt oder nicht?

Viele Schülerinnen erwähnten aber auch gleich die von ihnen vermuteten oder vom Lehrer explizit verlauteten didaktischen Ziele hinter diesem Design:

- „Das knifflige Denken war das Ziel.“
- Ziel war das Verständnis, wie Wissenschaftler/innen arbeiten und speziell, wie sie auf neue Zusammenhänge draufkommen.
- Das eigenständige Experimentieren wäre eine Alternative zu Frontalunterricht.

Positive Aspekte

Das *Experimentieren* wurde als willkommene Abwechslung zum normalen Frontalunterricht angesehen, z.B. „Ich fand das im Labor stehen toll!“

Das *eigenständige* Experimentieren wurde aber auch positiver als das Experimentieren nach Anleitung bewertet: „Selbst arbeiten, nicht immer nur passiv dasitzen, ...nicht den Versuch nur so vorgekau bekommen.“

Angenehm fanden die Schülerinnen, dass *keine Fragen vorgegeben* waren. So konnten sie erforschen, was sie persönlich interessiert und dann das Experiment allein planen. Durch das eigenständige Erarbeiten wurde der Stoff „wirklich verstanden“.

Dabei kam es bei manchen zu einem *Aha-Effekt*: „Natürlich gehen auch Sachen schief ... es hat uns der Herr Professor nicht von Anfang an gesagt, worauf wir achten müssen und das war gut, weil das war dieser Aha-Effekt und ich find', der trägt zum Lernen schon sehr bei.“ Diese Gruppe erwähnte weiters, dass erst der Aha-Effekt Kreativität und Weiterdenken fördere.

In einer Gruppe wurde das Zusammenarbeiten in der *Kleingruppe* positiv erwähnt.

Eine andere Gruppe wies auf den *Lernerfolg* hin, der sich auch in den Noten ausdrückte: Alle Schülerinnen hätten auf das Protokoll ein Sehr gut bekommen.

Mehrmalige positive Erwähnung fand die „concept map“, stellvertretend hier eine Aussage: „Das war sehr gut für das Erinnern, sonst denkt man, das ist alles was Eigenes, aber so haben wir einen Zusammenhang gehabt.“

Negative Aspekte

In einer Gruppe artikulierten die Schülerinnen einen gewissen *Druck*, eine eigenständige wissenschaftliche Leistung zu liefern, obwohl sie darauf hinwiesen, dass die Lehrperson diesem Druck vorzubeugen versuchte: „Er hat schon öfter gesagt, es muss jetzt kein bahnbrechendes Experiment sein, dass wir veröffentlichen und worüber wir eine wissenschaftliche Arbeit schreiben und womit wir berühmt werden, sondern dass es auch irgendwas Triviales sein kann, und einfach nur, dass wir dieses aktive Lernen haben, und ja, dass es auch keine tollen Effekte geben muss. Wir haben uns auch nicht so viel erwartet von unserem Experiment und es ist eh Einiges passiert und so, und das hat ihm dann gereicht, da hatten wir keinen Stress, würd' ich sagen.“ Trotzdem kam der Wunsch, „eventuell mehr Vorschläge geben, in welchen Bereichen wir die Experimente machen könnten, weil am Anfang haben wir gesagt: Oje, die ganzen Wissenschaftler haben schon die ganzen Experimente gemacht...“

Unterschiedlich bewertete Aspekte

Zeitpunkt und Dauer des Projektes wurden unterschiedlich bewertet. Die Tatsache, dass das Projekt von den Osterferien unterbrochen wurde, bedeutete, dass sich die Schülerinnen inhaltlich „herausgerissen“ fühlten und sich erst wieder „hineinfinden“ mussten.

Ein anderer zeitlicher Aspekt betraf geblockten Unterricht: „So ein Projekt wär' auch besser, wenn man es in Einem durchmachen könnte... für einen geblockten Unterricht von drei, vier Stunden.“ Das Her- und Wegräumen benötigte Zeit und bei geblocktem Unterricht wäre konzentriertes Arbeiten besser möglich.

Eine Schülerin meinte, es war gut, dass es in dem Projekt viel Zeit gab, während eine andere darauf hinwies, dass es „vielleicht bei manchen Phasen zu viel Zeit und bei manchen Phasen zu wenig“ Zeit gab.

Bezüglich der *Nachbesprechung* (postexperimentellen Phase) gab es unterschiedliche Auffassungen und Ansichten: „Also so im Plenum weiß ich nicht wirklich, ob wir wirklich so viel nachbesprochen haben, aber das war auch nicht wirklich nötig.“ Diese Aussage bezog sich eher auf den Lernerfolg und die Einsichten aus dem Experiment in der eigenen Gruppe. Andere Schülerinnen kritisierten, dass sie zwar über ihr eigenes Spezialthema am Ende des Projektes Bescheid wussten, aber über die anderen Subthemen wenig lernten: „Ich hätte noch gern viel mehr von den anderen Projekten mitgekriegt, es war irgendwie so gruppenintern. Obwohl die Schülerinnen das nicht direkt artikulierten, gewann die Interviewerin den Eindruck, dass sie es in gewisser Hinsicht auch als Abwertung ihrer eigenen Arbeit empfanden, ihre Einsichten am Ende ihres Experimentes nicht den anderen vorstellen zu können und sich so stärker mit den anderen auch noch einmal über das allgemeine Thema des Projektes auszutauschen.“

Veränderung der Einstellung zum Fach

Zwar berichteten die Schülerinnen nicht von markanten Veränderungen ihrer Einstellung zum Fach, aber sie erwähnten noch einmal positive Aspekte. Das Projekt habe „das Fach Chemie irgendwie belebt“ und sei „eine nette Abwechslung zum Frontalunterricht“. Man hätte im Projektunterricht mehr Spaß „wenn man selbst was tun kann, als wenn man stur zuhören muss“. Eine Schülerin artikuliert deutlich das Theorie-Praxis-Problem: „Experimente interessiert mich eh voll, aber so Formeln auswendig lernen in Chemie und zu verstehen, das ist nicht so meins!“ Im Gegensatz zu vorgegebenen Experimenten könnte man selbst erfundene Experimente besser verstehen. Eine Schülerin erhielt die Einsicht: „Chemie ist nicht so einfach, wie man es sich immer denkt.“

Gender

Befragt zu geschlechtsspezifischen Unterschieden im Herangehen an ein solches Projekt meinten die meisten Schülerinnen zuerst, dies hänge von Personen und Teams ab, im Laufe der Diskussion wurden dann aber trotzdem einige Clichés gebracht, die im Widerspruch zu Aussagen der persönlichen Begabung standen.

Im folgenden Zitat wird zwar augenscheinlich argumentiert, es käme auf persönliche Interessen und Begabungen an, den Burschen aber dann doch quasi automatisch die Rolle der besseren Naturwissenschaftler zugeschrieben: „Ich denk mir schon, wenn das bei Burschen..., ich weiß nicht, ob das so ist, wenn es da gute, wenn es da bessere Chemiker gibt als unter Frauen, das weiß ich nicht, dann kann das schon sein, wenn die auch schon mehr Erfahrung haben, dass die einfach auf was Komplexeres draufkommen und nicht auf so was Einfaches wie wir, aber das glaub' ich hat wirklich nur was mit dem Fachwissen und gar nicht mit der Geschlechterrolle oder so zu tun, also das glaub' ich nicht.“ Interessant erscheint der angedeutete Vergleich der eigenen Leistungen mit einer hypothetischen Burschengruppe. Der eigenen Leistung wird hohe Bedeutung zugemessen, gleichzeitig aber vermutet, dass die Burschen komplexere Versuche durchführen würden als sie selbst.

Auf die Frage, ob es beim Prozess der Ideenfindung für die Experimente Unterschiede zwischen Burschen und Mädchen geben könnte, wurde in einer anderen Gruppe folgende Antwort gegeben: „Oh Gott, Unterschiede... Ich kann das so nicht mit Geschlecht machen, ich glaub einfach, es gibt Leute, die wollen ihren Willen durchsetzen und die wollen von den anderen einfach gar nichts hören, und vielleicht sind das mehr Burschen, aber das kann ich nicht so sagen, und es muss schon in jeder Gruppe jemanden geben, der dann aus allen Vorschlägen [einen auswählt].“ Auch hier

werden zuerst die Unterschiede verneint, dann aber den Burschen ein stärkerer Wille zugeschrieben, sich in Entscheidungsprozessen durchzusetzen.

In einer Gruppe wurden die Schülerinnen gebeten, sich vorzustellen, eine reine Burschenklasse mache dasselbe Projekt. Hier wurde ein Cliché nach dem anderen strapaziert: „Da geht alles schief... da würd' sicher was explodieren, die Burschen sind so lebhaft!“ Sie würden den Lehrern einen Streich spielen, im Gegensatz zu ihrer Klasse: „Bei uns geht ziemlich gar nichts schief.“ Diese Mädchen beschrieben sich durchaus auch selbstkritisch als „gewissenhaft“, „ehrgeizig“ und „notengeil“, und zwar nicht nur in Chemie sondern in allen Fächern.

Auf die ähnliche Frage in einer anderen Gruppe kam zwar ebenfalls eine clichéhafte Antwort, die aber gleich relativiert wurde: „Ich glaub' eigentlich, dass die Mädchen genauer und konzentrierter daran arbeiten, aber das kann man nicht so allgemein sagen.“ „Es ist irgendwie schwierig, weil wir keine Burschen haben, wo wir schauen könnten: Ja, wie machen sie's? ... Es ist einfach so, dass Mädchen schon genauer sind, außer wenn's Burschen interessiert und sie in Chemie begabt sind, dass sie das dann schon genau machen, aber... [an sich sind sie salopper und stellen] coolere Fragen.“ Auf meine Frage, was eine coolere Frage sein könnte, fiel diesen Schülerinnen aber nichts ein. Auch hier wird Burschen also eine gewisse Überlegenheit zugeschrieben.

3.3.2 Ergebnisse der Lerngruppe 12. Schulstufe (gemischt)

Projektbeschreibung

In allen Gruppen wurden sowohl der allgemeine Rahmen des Projektes als auch das von der Gruppe gewählte Subthema beschrieben. An Hand unterschiedlicher Aussagen ist das Design des Projektes durch die Interviewerin folgendermaßen rekonstruierbar:

- Als erstes reichten sie Begriffe, die mit Halogenen zu tun haben bzw. was man mit Halogenen macht. Ein Film vermittelte dabei Grundwissen. An Hand von Kärtchen mit Begriffen, die der Lehrer austeilte, erstellten die Schüler/innen eine „mind map“.
- Beim Erstellen der „mind map“ ergaben sich Fragen, welche die Schüler/innen entweder dem Lehrer stellten oder im Internet recherchierten. Dann suchten sie sich eine der Fragen aus, die sie mit einem Experiment beantworten sollten.
- In der postexperimentellen Phase stellten sie weitere Interessensfragen und sammelten Fakten zu Verwendungsbereichen und chemischen Verfahren.

In diesen ersten Beschreibungen fallen zwei Themen als wesentlich auf:

1) das Anerkennen des didaktischen Instruments „mind map“. Diese wurde von allen als sehr hilfreich empfunden, den eigenen Wissensstand systematisch zu erweitern und Zusammenhänge zwischen den Begriffen herzustellen

2) die emotional artikulierte Begeisterung über ihr eigenes Subthema (z.B. das Hantieren dürfen mit sehr gefährlichen Substanzen, z.B. Flusssäure). Dieses Thema wurde bei der Frage nach den positiven Aspekten des Projektes weiter ausgeführt.

Positive Aspekte

Die Schüler/innen schätzten folgende spezifische Aspekte:

- *das eigenständige Arbeiten* („Es ist spannend, zu schauen, ob man selbst auf etwas kommt.“) und die Tatsache, dass sie sich die Fragen für ihr Experiment selbst wählen konnten, dabei aber, wenn nötig, immer auf die Hilfe des Lehrers zurückgreifen konnten. Das eigenständige Arbeiten wurde in einer Gruppe auch als wichtige Kompetenz für das spätere Berufsleben angesehen.
- die Strukturierung der Anfangsphase durch die *Kärtchen* und die „*mind map*“, wodurch viele Fragen entstanden, die sonst nicht entstanden wären
- das Hantieren dürfen mit *gefährlichen Substanzen* (z.B. Chlorgas und Flusssäure), was besonders die Burschen als „cool“, „spektakulär“ und „spannend“ empfanden. Damit zusammenhängend lobten die Schüler/innen das Erlernen der Risiken und der richtige Umgang mit den Substanzen in der Praxis.
- die Arbeit in der *Gruppe*: Sie durften sich die Gruppen selbst aussuchen, es gab eine lockere, angenehme Gruppenatmosphäre und in der Gruppe ergänzten sich die Schüler/innen mit unterschiedlichem Wissen gut: „Alleine wär' ich nie auf das Ganze gekommen.“

Negative Aspekte

Diejenigen Schüler/innen, die in der Einführungsstunde fehlten, fanden den Einstieg ins Projekt *verwirrend* und abrupt.

Eine Gruppe bemängelte, dass sich *zu wenige Möglichkeiten* und Fragen ergaben und diese teilweise schon von anderen Gruppen bearbeitet wurden.

Alle Befragten bemängelten, dass sie sich zwar in ihrem Subbereich nach dem Projekt gut auskannten, aber von den Projekten der anderen Gruppen zu wenig erfuhren („der Rest ist vage geblieben“) bzw. verabsäumt wurde, die allgemeineren Fragen zum Thema Halogene noch einmal gemeinsam zu thematisieren. Gefordert wurde „irgendeine Form der Nachbesprechung im Plenum“, eine „*Conclusio*“.

Eine Gruppe hätte gerne die unterschiedlichen „mind maps“ verglichen.

Für eine weitere Gruppe dauerte die *postexperimentelle Phase zu lange*.

Entsprechend der einhelligen Meinung einer fehlenden *Zusammenfassung* wurde diese zum wesentlichen Verbesserungsvorschlag.

Gender

Auf die Frage, ob Burschen und Mädchen unterschiedliche Herangehensweisen bei der Arbeit in so einem Projekt hätten, kamen großteils negative Antworten: Interessen, Begabungen, Übung und Routine wären ausschlaggebend für den möglicherweise unterschiedlichen Arbeitsstil von Personen, nicht das Geschlecht: „Ich glaub eher, das hat mit Übung und Routine zu tun.“, „Ich denk mir, bei den meisten Experimenten gibt es nicht so viele unterschiedliche Abläufe, weil es gibt Schritte, die gibt's und man braucht gewisse Sachen schon vorbereitet und dann muss man sie in einer gewissen Abfolge machen.“, „Nein, von Mensch zu Mensch verschieden.“

Zwei Personen meinten, es könne, müsse aber nicht Unterschiede geben: „Ich glaub schon, dass es Unterschiede geben kann.“ Bestimmte Tendenzen seien laut einem Burschen bei Mädchen anders verteilt, z.B. seien viele Mädchen ehrgeiziger als die Burschen. Ein zweiter Bursch meinte über ein Mädchen in seiner Projektgruppe: „Ich glaub', sie war ein bisschen vorsichtiger als ich“ während er noch eine andere, gefährlichere Apparatur ausprobiert hätte.

Eine Aussage verknüpfte Genderstereotype und Chemie: „Man sagt, Mädchen können eher Sprachen und Burschen können eher Naturwissenschaften aber Chemie ist zu ungenau für eine Naturwissenschaft und die ganzen Benennungen, die man lernen muss, sind wie eine Sprache.“ Diese Argumentation legt nahe, dass Burschen und Mädchen gleich gut in Chemie sein müssten, wenn auch aus unterschiedlichen Gründen.

4 REFLEXION UND AUSBLICK

4.1 Allgemeine positive Erkenntnisse

Die positiven Aspekte des Einsatzes von Schülerexperimenten durch Integration in den Lernprozess und eigenständige Finden und Verfolgen von Forschungsfragen im Rahmen des Vorjahresprojekts haben sich auch heuer wieder gezeigt. Dies bestätigt für mich die Wichtigkeit und Richtigkeit dieses methodisch-didaktischen Ansatzes. "Den Versuch nicht nur so vorgekaut bekommen" (Schülerinnenaussage), erforschen können, was die Schüler/innen persönlich interessiert, ohne dass Fragen vorgegeben werden, stärkt die Eigenständigkeit ("Selbstständigkeitsförderung" – vgl. SCHEIBER 2007), wirkt die Motivation und das Interesse fördernd ("Interessensförderung" – vgl. SCHEIBER 2007) und führt dazu, dass die Lerninhalte "wirklich verstanden" (Schülerinnenaussage) werden ("Lernförderung" – vgl. SCHEIBER 2007). Durch die Arbeit in Gruppen trägt diese Form der Unterrichtsgestaltung auch zur Kommunikationsförderung wesentlich bei. Damit liefert die Integration von Schülerexperimenten in den Lernprozess in den beschriebenen vier Phasen (Vorwissensaktivierung, Präexperimentelle Phase, Experimentelle Phase, Postexperimentelle Phase) einen Beitrag zu allen vier Aspekten des Lernvierecks, wie ich es in meiner Analysearbeit der MNI-Projekte und den "Bausteinen guten naturwissenschaftlichen Unterrichts" herausarbeiten konnte und dargestellt habe.⁴

Besonders eindrucksvoll ist für mich, dass die Schüler/innen von sich aus in den Interviews betonten, dass der Aha-Effekt, den sie im Rahmen des Projekts erleben konnten, erst "die Kreativität und das Weiterdenken" (Schülerinnenaussage) fördert.

Besonders klar herausgekommen ist in diesem Projektjahr die Bedeutung des eigenständigen Arbeitens in der Gruppe. Die Schüler/innen erkennen die Wichtigkeit dieser Kompetenz für das Studium und das spätere Berufsleben.

Die Analyse der Videos hat gezeigt, dass durch die geeignete Umsetzung der experimentellen Phasen (besonders der präexperimentellen Phase) zu einem verbesserten Chemieverständnis führt und Selbstbewusstsein und Selbstständigkeit der Schüler/innen im Handeln und Denken bewirkt.

4.2 Reflexion zur methodischen Umsetzung

Die aus der Videoanalyse des Vorjahresprojekts erzielten Ergebnisse hinsichtlich der methodischen Vorgangsweise wurden folgendermaßen berücksichtigt:

Anstelle von fachlichen (komplexen) Statements als Ausgangspunkt für die präexperimentelle Phase ist ein "Concept mapping" (in zwei unterschiedlichen technischen Umsetzungen) getreten. Diese Phase wurde speziell ausgewiesen - "Vorwissensaktivierung" - und auch genügend Zeit dafür eingeräumt. Diese Maßnahme ermöglichte den Schüler/innen sich über ihr Wissen und die Begrifflichkeiten des Themas klar zu werden und ist ein entscheidender Erfolgsfaktor für diese Form der Unterrichtsarbeit. In den Interviews wurde diese Tatsache von mehreren Schüler/innen klar angesprochen.

⁴ Siehe auch: <http://work.popperschule.at/publikationen/bausteine>

Weiters hat sich im Vorjahr gezeigt, dass Lern- und Leistungsphasen klar unterschieden und definiert werden müssen. Dies habe ich im Vorfeld geklärt und den Schüler/innen explizit am Beginn des Projekts mitgeteilt. Die Arbeit in den vier Phasen ist Lernarbeit, das heißt, dass Fehler gemacht werden dürfen/sollen/müssen. Die abzugebende schriftliche Arbeit muss die geforderten Kriterien erfüllen und wird beurteilt. Die Fachinhalte wurden in einer Klasse in Form eines klassischen Chemietests abgefragt.

4.3 Kritikpunkte

Ungünstig ist die Unterbrechung der Phasen durch unterrichtsfreie Zeit, z.B. Ferien. Diese Erkenntnis gilt aber für alle Projektarbeiten. Durch die Unterbrechung werden die Lernenden aus der Arbeit herausgerissen und brauchen im Anschluss wieder genügend Zeit, um den Anschluss zu finden. Optimal scheint hier überhaupt eine Blockung des Unterrichts.

Am Ende der postexperimentellen Phase oder im Anschluss an diese sollte eine Präsentationsphase durchgeführt werden. Dadurch können die Schüler/innen erfahren, was Wissenswertes die anderen Gruppen erarbeitet haben. In den Interviews wurde dieser Mangel als starker Kritikpunkt geäußert. Eine kurze Zusammenfassung der wesentlichen Inhalte und Erkenntnisse durch die Lehrperson allein, wird nicht so hilfreich gesehen.

4.4 Ziele und Forschungsfragen

Zum ersten Fragenkomplex: Wie gehen die Schüler/innen in den einzelnen Phasen mit der neuen Situation von Unterricht um? Wie kommen Sie die die Phase des Fragestellens? Was hilft ihnen dabei, was hindert sie?

Ein gutes Unterrichtsklima, das von gegenseitigem Vertrauen und Transparenz geprägt ist, wird die vorgestellte Unterrichtskonzeption gerne angenommen. Die Schüler/innen lassen sich gerne auf Arbeiten ein, in denen Sie eigenständig und bis zu einem gewissen Grad selbstverantwortlich sein können. Das Vertrauen betrifft dabei vor allem die Gewissheit, dass die Lehrperson helfend eingreift, unterstützt (mit methodisch-didaktischem Wissen UND mit Fachwissen), wenn sie nicht mehr weiter wissen oder können. Besonders hilfreich in diesem Zusammenhang sind: Klarlegung der Bedingungen vor Beginn der Arbeit (Trennung von Lern- und Leistungsphase; Beurteilungsmodus) und klare Strukturierung des Unterrichts (Übersicht über die Projektphasen in schriftlicher Form, Angaben des Zeitbedarfs).

Eine ausgewiesene Phase der Vorwissensaktivierung, z.B. "concept mapping", vielleicht auch „story telling“. [vgl. BENNETT, J., GRÄSEL C., PARCHMANN, I., WADDINGTON, D., 2005] oder eine ähnliche Methodik, scheint der Schlüssel zum Erfolg zu sein. Bereits bei der Befassung mit den Begriffen des Themas treten Fragen auf, die sich bei weiterer Beschäftigung immer mehr zu „Forschungsfragen“ verdichten.

Wie finden sie ihre Forschungsfragen und Hypothesen?

Die Phase der Vorwissensaktivierung geht kontinuierlich in die präexperimentelle Phase über. Die Begriffe und ihre Visualisierung auf dem concept map im Zusammenhang mit den Beziehungen, die bei der Arbeit gefunden werden, regen Ideen und nicht reflektierte, spontane Fragen an. Wichtig ist nun, diese schriftlich festzuhalten.

ten. Nun setzt eine Diskussion über die Fragen und Hypothesen ein, die letztlich zur Auswahl der eigentlichen zu untersuchenden Fragen führen. Dabei ist es für die Lehrperson besonders wichtig, Differenzierung und Individualisierung zuzulassen, vor allem, was den Zeitbedarf betrifft. Letztlich werden die Schüler/innen von ihren "ureigensten" Interessen geleitet. Dazu gehören auch clichéhafte Vorstellungen z.B. "Kann man eine Hand mit Schwefelsäure durchätzen? Was passiert, wenn man Säure trinkt?". Die Einschränkung, dass die Forschungsfragen experimentell beantwortbar sein und in der Schule durchführbar sein müssen führt dann aber automatisch zu weniger stark emotionell betonten Fragestellungen. Bei der Formulierung der Fragestellungen ist Lehrerhilfe essentiell.

Welche Kommunikationsstrukturen können beobachtet werden?

Die Gruppen, die gefilmt worden sind, haben sich nicht so zwanglos benommen, wie sie dies wahrscheinlich ohne aufzeichnende Beobachtung gemacht hätten. Diese Frage ist daher sehr schwierig zu beantworten. Die Videoaufzeichnungen zeigten aber doch, dass eine Person eine gewisse Dominanz hat, in dem sie das Vorgehen steuert und quasi die Fäden führt.

Genderaspekte

Aus meiner Beobachtung der reinen Mädchenklasse im Vergleich zur gemischten Gruppe sowohl im Prozess des Unterrichts als auch bei der Analyse der Videoaufnahmen kann ich keine Rückschlüsse darauf ziehen, ob die Methodik die einer oder andere Geschlechtergruppe bevorzugt. In **allen** Gruppen wurde intensiv, sehr zielgerichtet, genau und sorgfältig gearbeitet.

Die Interviews haben ergeben, dass das Selbstbild und das Selbstbewusstsein der Schülerinnen nicht stark ausgeprägt sind. In den Aussagen der Mädchen werden Clichés bemüht und auch die vermeintliche Überlegenheit der Burschen in den Naturwissenschaften genannt.

Dem **Hauptziel des Projekts**, Hilfestellungen für Lehrpersonen zu erarbeiten, um diese Form des integrierten, eigenständigen, experimentellen, forschenden Arbeitens in ihrem Unterricht umsetzen zu können, bin ich heuer schon um einiges näher gekommen. Ich versuche es in einem ersten Ansatz hier mit einer Checkliste:

- Unterrichtsklima mit gegenseitigem Vertrauen
- Festlegen der Lernphasen und Leistungsphasen
- Klarlegung der Beurteilungskriterien
- Kein zu enges Thema wählen, eher konzeptionelle Inhalte z.B. Säuren/Basen
- Arbeitsblatt mit den einzelnen Phasen besprechen
- Durchführung der einzelnen Phasen
 - Vorwissensaktivierung, z.B. durch "concept mapping"
 - Präexperimentelle Phase (Hilfestellungen in der Phase der Hierarchisierung der Fragen und der Herausarbeitung der Hauptfrage, Utensilienhinweise aus dieser Phase zeitlich auslagern – Klare Prozessführung!, Ausformulierung der Hauptfrage und der Hypothese(n) einfordern)
 - Experimentelle Phase (Vorbereitung der Arbeitsmaterialien durch die Lehrperson an Hand einer Materialliste der Schüler/innen)

- Postexperimentelle Phase
- Hilfreiche Unterstützung (methodisch, fachlich) in den Phasen ohne die Schüler/innen in eine bestimmte, von der Lehrperson gewünschte Richtung zu drängen – maximal mögliche Offenheit (auch ungewöhnlichen Fragen gegenüber)
- Keine Unterbrechung der Projektphase durch unterrichtsfreie Zeit
- Abschließend Präsentation der Gruppen im Plenum

4.5 Ausblick

Dieses Projekt hat im kommenden Jahr kein Nachfolgeprojekt, die Inhalte und Forschungsfragen werden aber weiterhin bearbeitet werden. Eine Fragestellung ist beispielsweise auch, wie diese Phasen in größeren Lerngruppen umgesetzt werden können. Momentan handelt es sich noch um eine "Makromethodik" [vgl. MEYER, 2004]. Sinnvoll scheint als Ziel, eine "Mesomethodik" daraus zu machen. Eine Kooperation mit dem AECCC an der Universität Wien scheint für diesen Zweck sehr zielführend. "Serienreif" ist das Unterrichtskonzept sicher noch nicht, trotzdem wird es Chemielehrpersonen in Fortbildungsveranstaltungen vorgestellt und angeboten werden. Ein Seminar an der PH-Wien ist bereits im Herbst angekündigt.

LITERATUR

ANTON, M. A., (1998). Das Phänomen im Chemieunterricht – eine Motivationsfalle?! Teil 1 und 2. In: Chemie & Schule (1998) 2 + 3, S. 26-27; 8-15

ANTON, M., (2007). Von der Gerätekunde zur Hypothesenprüfung! Die Entwicklung des Experimentierens und Argumentierens im Chemieunterricht. Auszug aus: Kompendium zur Didaktik und Mathematik der Chemie - Vermittlungswissenschaft für Studierende des Lehramts, Studienreferendare und Lehrer. Bad Heilbrunn: Klinhardt-Verlag, (im Druck).

ANTON, M., (2008a). „Knowledge-Mapping“ – Wissenskartierung im Chemieunterricht! Auszug aus den Unterlagen zur Chemiedidaktik-Vorlesung. LMU München.

BENNETT, J., GRÄSEL C., PARCHMANN, I., WADDINGTON, D. (2005). Context-based and Conventional Approaches to Teaching Chemistry. In: International Journal of Science Education, 27, 1521-1547

MEYER, H. (2004). Was ist guter Unterricht? Berlin: Cornelsen Verlag Scriptor.

NEBER, H. (1993). Training der Wissensnutzung als objektgenerierende Instruktion. In Klauer, K. J.: "Kognitives Training", Göttingen: Hogrefe, S.217-243.

NEBER, H., ANTON, M. A., (2008). Förderung präexperimenteller epistemischer Aktivitäten im Chemieunterricht. In: Zeitschrift für Pädagogische Psychologie, 22 (2) (in Erscheinung)

SCHEIBER E. (2007a). "Integration von chemischen Experimenten in den Lernprozess", MNI-Fond Dokumentation, Schwerpunkt S5, Wien 2007

SCHEIBER E. (2007a). „Guter Unterricht in IMST-Projekten“. Analyse von Projekten im Rahmen des MNI-Fonds, Fächerbündel Naturwissenschaften. Forschungsarbeit. Wien 2007