



**MNI-Fonds für Unterrichts- und Schulentwicklung
S 5 „Teambezogenes und selbstständiges Lernen“**

BEGABUNGSFÖRDERNDER UNTERRICHT MIT ASSIGNMENTS

Dr. Edwin Scheiber

**Sir-Karl-Popper-Schule/Wiedner Gymnasium Wien IV
Wiedner Gürtel 68
A-1040 Wien**

Wien, Juli 2005

INHALTSVERZEICHNIS

INHALTSVERZEICHNIS	2
ABSTRACT	4
1 EINLEITUNG	5
1.1 Ausgangssituation.....	5
1.2 Ziele/Themenstellung.....	5
2 DER DALTON-PLAN	7
2.1 Aspekte der Unterrichtsorganisation	8
2.1.1 Labs	8
2.1.2 Class meeting	8
2.1.3 Conference	9
2.1.4 Assignment	9
2.1.5 Graphs	9
3 BEGABUNGSFÖRDERUNG AN DER SIR-KARL-POPPER-SCHULE	12
3.1 Leitlinien.....	12
3.1.1 Das Menschenbild der Sir-Karl-Popper-Schule.....	12
3.1.2 Bildungsbegriff in der Sir-Karl-Popper-Schule.....	13
3.1.3 Das Bild von Schule.....	13
3.1.4 Das Bild vom Lernen.....	14
3.1.5 Das Bild der Schülerin/des Schülers	14
3.2 Didaktische Leitlinien für den Chemieunterricht	14
3.3 Organisatorische Rahmenbedingungen.....	17
4 PROJEKTDURCHFÜHRUNG	18
4.1 Zeitliche Dimension.....	18
4.2 Allgemeines	18
4.3 Lehr/Lerninhalte	19
4.3.1 Assignment „Stöchiometrie“	19
4.3.2 Assignment „Thermochemie“	20
4.4 Durchführung der Assignments.....	21
4.4.1 Class meetings	21
4.4.2 Conferences.....	22

4.4.3	Arbeitsweise während des Assignments.....	22
4.4.4	Differenzierte Leistungsfeststellung	22
5	ERGEBNISSE	23
5.1	„Vorerhebung“ – Begabungsförderung	23
5.2	Beobachtungen/Eindrücke der Lehrperson.....	24
5.3	Ergebnis – „interne Evaluation“	25
5.3.1	Allgemeines	25
5.3.2	Assignment „Stöchiometrie“	26
5.3.3	Assignment „Thermochemie“	28
5.4	Ergebnis – „äußere Evaluation“	30
5.4.1	Gruppendynamische und lerntechnische Vorerfahrungen	31
5.4.2	Charakteristika, Vor- und Nachteile sowie Veränderungsvorschläge.....	32
5.4.3	Persönliches Lernverhalten: Arbeitsformen, Umgang mit Selbständigkeit.....	34
5.4.4	Die Rolle des Lehrers.....	34
5.4.5	Verhältnis Theorie und Praxis	35
5.4.6	Interesse/Motivation an Chemie gehoben?.....	35
5.4.7	Anwendung von Daltonphasen in anderen (naturwissenschaftlichen) Fächern	35
5.4.8	Besonders geeignet für Hochbegabte oder in allen Schultypen möglich?	36
6	REFLEXION UND AUSBLICK	37
7	ANHANG	39
7.1	Assignment „Stöchiometrie“	39
7.2	Assignment „Thermochemie“	47
7.3	Fragebogen – Vorerhebung	75
7.4	Fragebogen – interne Evaluation	79
8	LITERATUR.....	88

ABSTRACT

Im Rahmen des Vertiefungskurses Chemie 7. Klasse (11. Schulstufe) der Sir-Karl-Popper-Schule am Wiedner Gymnasium in Wien wurden gemäß der Daltonplanpädagogik zwei Assignments zu unterschiedlichen chemischen Themen durchgeführt. Durch interne und externe Evaluation wurde erhoben, inwieweit diese Methodik für hochbegabte SchülerInnen vorteilhaft ist bzw. begabungsfördernd wirkt.

Es zeigte sich, dass beim Unterricht nach diesem Konzept die Selbstständigkeit, das Zeitmanagement, die Eigenaktivität und Kreativität, die Eigenmotivation der SchülerInnen stark gefördert wird. Vorteile ergeben sich auch im Hinblick auf die Aspekte Teamarbeit, Lernen durch Lehren und Individualisierung des Lernvorgangs. Nachteilig empfunden wird, wenn die Assignmentphasen zu lang sind oder durch unterrichtsfreie Zeit unterbrochen werden. Die Rolle der Lehrperson tritt während der Daltonphasen stark in den Hintergrund, ist aber im Bereich einer Lernmanagementebene sehr wichtig.

Schulstufe: 11 (AHS)

Fächer: Chemie

Kontaktperson: Dr. Edwin Scheiber

Kontaktadresse: Sir-Karl-Popper-Schule, Wiedner Gürtel 68, A-1040 Wien

1 EINLEITUNG

1.1 Ausgangssituation

Die Sir-Karl-Popper-Schule am Wiedner Gymnasium in Wien bietet homogenen Gruppen hochbegabter SchülerInnen individuelle und differenzierte Förderung ihrer Begabungen. Der Chemieunterricht im Bereich der Vertiefungskurse (2-jährige Kurse mit 4 Wochenstunden pro Jahr) wird sehr stark praxis- und experimentorientiert durchgeführt. Dadurch ist eine starke Differenzierung und individualisiertes Arbeiten möglich. Den Interessen und unterschiedlichen Bedürfnissen der einzelnen SchülerInnen kann dadurch Rechnung getragen werden. Die für die Bearbeitung der experimentellen, problemorientierten Aufgabenstellungen nötige Theorie wird weitgehend „klassisch“ lehrerzentriert unterrichtet. Die Nachbereitung der Erkenntnisse aus den Experimentalphasen erfolgt in Gruppengesprächen und gemeinsamen Zusammenfassungen unter der Leitung der Lehrperson. Selbstverantwortliches Lernen der SchülerInnen ist dabei relativ selten.

Der von Helen Parkhurst im Laufe der ersten zwanzig Jahre des vergangenen Jahrhunderts entwickelte sogenannte Dalton-Plan ermöglicht Unterricht, der sehr stark schülerInnenorientiert ist und bei dem die SchülerInnen ein hohes Maß an Selbstverantwortung für den Lerneffekt übernehmen müssen. Die Methodik erzieht zu hoher Selbstständigkeit. Weiters können die SchülerInnen dadurch sehr stark ihrem Interessenschwerpunkt im Rahmen eines Faches und meines Erachtens auch ihrem Begabungsschwerpunkt nachgehen. Die klassische Methodik „eine Unterrichtseinheit nach der anderen“ muss nicht mehr nach Stundenplan absolviert werden. Die Arbeit an einem Thema oder Problem ist nicht jäh unterbrochen, sondern die SchülerInnen können ihre Arbeit zu Ende führen. Die Schulglocke „verliert an Bedeutung“.

Erste Versuche Assignments nach dem original Daltonplan in Chemievertiefungskursen an der Sir-Karl-Popper-Schule in den vergangenen beiden Schuljahren durchzuführen haben sich meinen Chemieunterricht-feedbacks von SchülerInnen zufolge als sehr erfolgreich erwiesen. Die Dalton-School in the Upper East Side Manhattans in den USA hat damit sehr gute Erfahrungen hinsichtlich Begabungsförderung gemacht und sollte ursprünglich auch als Vorbild für die Konzeption der Sir-Karl-Popper-Schule in Wien dienen¹.

1.2 Ziele/Themenstellung

Als **allgemeines Ziel** soll im Rahmen des Projekts herausgefunden werden, welche Kriterien, Methoden und Maßnahmen im Chemieunterricht wichtig respektive entscheidend für Begabungsförderung in diesem Fachbereich sind. Die Sichtweise erfolgt einerseits von Seite der Lehrenden und andererseits aus derjenigen der SchülerInnen.

Die Durchführung zweier Assignments, möglichst originalgetreu nach H. Parkhurst, soll dazu beitragen herauszufinden, inwieweit die Dalton-Pädagogik/Methodik für Hochbegabte geeignet ist, welche Vor- und Nachteile sie hat und welcher Effekt auf die Selbstständigkeit der SchülerInnen erreicht werden kann. Dieses **speziellere**

¹ K. SCHOLZ: „Görg sei Dank – Reminiszenzen zur Begabungsförderung in Österreich“ in G. SCHMID (Hrsg.): „Jahrbuch 2001/2002“ der Sir-Karl-Popper-Schule, Wien, 2002

Ziel, diese Themenstellung, könnte Anlass sein, Daltonphasen auf einen weiteren naturwissenschaftlichen Unterrichtsbereich der Sir-Karl-Popper-Schule auszudehnen und allenfalls in einem weiteren Projektjahr genauer zu untersuchen. Ein Erfolg würde auch Konsequenzen auf das gesamte weitere Schulversuchsmodell haben (Ausweitung auf anderen Fachbereiche bzw. größere Zeiträume – Organisatorische Umstrukturierung).

Die Beschreibung und Begründung der Erkenntnisse erfolgt auf der Basis der Wahrnehmungen des Lehrers, einer internen Evaluation durch Befragung der SchülerInnen vor und nach der Projektdurchführung sowie einer äußeren auf Interviews der SchülerInnen basierenden Evaluation.

2 DER DALTON-PLAN

Die Amerikanerin Helen Parkhurst (1886-1973) entwickelte in den Jahren nach der Jahrhundertwende zum 20. Jahrhundert ein pädagogisches Konzept, das sie in Grund- und Sekundarschulen in den USA umsetzte. Die Grundkonzeption bestand darin

- Verantwortung für das Lernen (teilweise) an die Schüler zu delegieren (und die älteren in die Betreuung der jüngeren miteinzubeziehen)
- Die Lernenden mit der Aufgabe zu betrauen, ihren eigenen Arbeitsplan in „lab-time“-Phasen zu erstellen
- Die Möglichkeit zu geben, die verfügbare Arbeitszeit nach ihren persönlichen Lernbedürfnissen einzuteilen.

Die britische Fachwelt entdeckte in den Zwanzigerjahren Parkhursts Konzept in der „Public High School“ in Dalton/Massachusetts. Daher kommt der Name Daltonplan.

Helen Parkhurst publizierte ihr Konzept im Jahre 1922 in ihrem Buch „Education on the Dalton Plan“, das anlässlich der 75-Jahr-Feier der „Dalton School“ in New York City neu aufgelegt wurde.² Dieses zentrale Werk enthält neben der allgemein pädagogischen Vision Parkhursts auch konkrete Anleitungen für die Durchführung des Daltonplans mit Beispielen.

Viele Nationen haben seither ihre Idee aufgegriffen, allen voran die Niederlande.

Es geht im Rahmen dieses Projekts weder um eine reformpädagogische Auseinandersetzung mit dem Daltonplan oder um die Abgrenzung und Gegenüberstellung „ähnlicher“ Konzepte, wie der Montessori-, Jenaplan- oder Freinet-Pädagogik, als vielmehr darum, die Grundgedanken des Daltonplans aufzugreifen und auf die Umsetzbarkeit in unserem Schulversuch, und damit die begabungsfördernde Wirkung dieser Aspekte exemplarisch zu prüfen. Positive Erfahrungen diesbezüglich stammen direkt von der Dalton School in New York.³

Der wesentlichste Grundgedanke von Parkhurst, der meine Intention geleitet hat, soll wörtlich zitiert sein:

„Freedom is therefore the first principle of Dalton Laboratory Plan. From the academic, or cultured, point of view, the pupil must be made free to continue his work upon any subject in which he is absorbed without interruption, because when interested he is mentally keener, mor alert, and mor capable of mastering any difficulty that may arise in the course of his study.“⁴

² H. PARKHURST: Education on the Dalton Plan, New York, 1922, Reprint by “The Dalton School”, New York, 1994

³ <http://www.dalton.org/information/about/>

⁴ H. PARKHURST: Education on the Dalton Plan, New York, 1922, Reprint by “The Dalton School”, New York, 1994

2.1 Aspekte der Unterrichtsorganisation

In den folgenden Abschnitten wird kurz erläutert, welche organisatorischen Maßnahmen des Daltonplans existieren und in welcher Weise sie in dieses Projekt eingeflossen sind.

2.1.1 Labs

Die Arbeit nach dem Daltonplan erfolgt nicht in traditionellen Klassenzimmern sondern in "laboratories", "Fachräumen", in denen die Arbeitsmaterialien bereit liegen und in denen die FachlehrerInnen agieren. Die SchülerInnen kommen in diese Räume um an einem Teil des Assignments, das diesem Fach zugeordnet wird, zu arbeiten und erhalten auf Wunsch Unterstützung von der Lehrkraft. Das „lab“ kann aber auch Unterrichtsraum für Fachstunden sein.

Diese organisatorische Einheit liegt in unserer Schule – wie in allen AHS – für das Fach Chemie in Form des Chemiesaals vor. Zusätzlich zu den stundenplanmäßig vorgesehenen Chemiestunden des Kurses, mit dem dieses Projekt durchgeführt wurde, steht der Chemiesaal den TeilnehmerInnen des Kurses wie auch allen anderen SchülerInnen der Schule bestimmte, angekündigte Stunden in der Woche, den sogenannten „**LAB-ZEITEN**“, zur Verfügung. In diesen Zeiten kommen einzelne SchülerInnen oder Schülergruppen, um an chemischen Problemstellungen zu arbeiten. Auch sonst an Chemie oder chemischen Fragestellungen interessierte SchülerInnen sind eingeladen und nützen dieses Angebot auch. Im Lab steht immer eine Chemie-Lehrperson zur Verfügung. Mit diesem System lassen sich auch die durch die Stundenplanorganisation im Kurssystem der Popperschule verursachten Probleme hinsichtlich der Teilnahme an den Chemieolympiadekursen lösen. Die für die Kurse angemeldeten SchülerInnen kommen innerhalb der LAB-ZEITEN mindestens 2 Stunden pro Woche zu den „Chemieolympiadekursen“ und werden dort individuell betreut und unterrichtet, jede/r nach ihrem/seinem eigenen Stundenplan. Als „Lehrerstunden“ dienen die Stunden der unverbindlichen Übungen (Chemieolympiade), und Stunden, in denen andere Popperkurse „frei arbeiten“ und daher nicht ständig eine Lehrperson im Plenum brauchen sowie „Fensterstunden“ der Chemielehrpersonen, in denen diese auch Unterrichtsvor- oder -nachbereitung durchführen können.⁵

2.1.2 Class meeting

Die Lerngruppe versammelt sich mit dem „class advisor“ am Beginn des Unterrichtstages für eine 15- bis 30minütige „organization period“ zur Planung der bevorstehenden Daltonphase, der „laboratory period“.

Diese Struktureinheit habe ich jeweils an den **Beginn der Lernwoche** gestellt. Es soll der organisatorische Ablauf besprochen werden: es sollen Fragen dazu seitens der SchülerInnen gestellt werden können und die Möglichkeit für die Verfolgung des Arbeitsfortschritts der einzelnen SchülerInnen geschaffen werden. In dieser Zeit kann auch die Abgabe von Teilen des Assignments erfolgen. Bei Bedarf erfolgt eine feedback-Runde.

⁵ Auch für andere Fächer sind an unserer Schule solche Labs inzwischen schon eingerichtet, z.B. Physik, Biologie, Mathematik, Informatik, aber auch Sprachen.

2.1.3 Conference

In den als „conferences“ bezeichneten Phasen trifft sich eine Lerngruppe im Daltonplan entsprechend einer Ankündigung. Dabei werden „traditionelle Unterrichtsstunden“ abgehalten oder Arbeitsbesprechungen durchgeführt, die gemäß H. Parkhurst auch mit der Freiarbeit verbunden sein sollen. Es können aber auch Leistungserhebungen durchgeführt werden.

Ich habe „conferences“ entweder als frontalen Fachvortrag der Lehrperson („lectures“) oder auch als gesteuerte Gruppenarbeitsphase mit anschließender Präsentation (siehe Abschnitt 4.3.2) durchgeführt. Die Termine wurden vorher – im „Plan“ – bekannt gegeben und waren meist nicht anwesenheitspflichtig. Bei Diskussionen, Leistungsfeststellungen oder Gruppenarbeitsphasen ist/wäre aber klarerweise Anwesenheitspflicht erforderlich.

2.1.4 Assignment

Diese **schriftlichen Studieranleitungen** enthalten die Aufgabenstellungen und den Lernplan. Die Lernenden müssen aber dadurch auch motiviert werden und entsprechend instruiert werden. Nach Parkhurst sind sie in einer übersichtlichen und einheitlich gestalteten schriftlichen Fassung am Monatsbeginn den SchülerInnen auszuhändigen und sollen über Inhalt, Aufbau, Bedeutung, Ziel, Anforderungsniveau und eventuelle Schwierigkeiten der bevorstehenden Aufgaben informieren. Dabei sollen die SchülerInnen persönlich angesprochen werden.

Ich habe versucht allen diesen Ansprüchen Rechnung zu tragen.

2.1.5 Graphs

Es handelt sich dabei um ein **Aufzeichnungssystem** für eine kontinuierliche und detaillierte schriftliche Aufzeichnung der Lernfortschritte. In Tabellenform soll der Lernstand und –fortschritt visualisiert werden.

Zwei dieser „graphs“ habe ich im Projekt verwendet, aber völlig umgestaltet, weil die Originalgraphen nur Sinn machen, wenn alle oder mehrere Fächer nach dem Daltonplan unterrichtet werden.

Der „**contract graph**“ ist Teil des Übersichtsplans „Plan“. Dieser Plan (Beispiel siehe nach diesem Absatz) enthält neben dem Namen des Lernenden, Kursnamen, Bezeichnung und Umfang des Assignments auch die Termine für die conferences und class meetings. Am „contract graph“ sind die Arbeitswochen eingetragen, die jeweils in Einheiten unterteilt sind. Im nachstehenden Beispiel „Thermochemie“ sind dies je 3 Einheiten pro Woche. Als Orientierungshilfe für die SchülerInnen stehen die Termine der „regulären Unterrichtsstunden“ in einer der Spalten. Hat ein/e SchülerIn eine Einheit fertig gestellt, schreibt sie/er dies in die noch freie Spalte ein. Aus dem graph wird dann für SchülerIn und Lehrperson ersichtlich, ob sie/er „in-time“ ist oder nicht. Im nachstehenden, beispielhaften „graph“ sieht man, dass die SchülerIn in der zweiten Wochen stark in Verzug war, dann aufgeholt hat und am Ende sogar früher fertig geworden ist.

Plan

Name:	Name des/r SchülerIn
Kurs:	Vertiefungskurs Chemie 7. Klasse
Assignment:	Thermochemie
Umfang:	4 Arbeitswochen (2.3. bis 9.4.2005)

Conferences:

Datum	Inhalt
2.3.2005	Lecture „1. Hauptsatz und seine Anwendung in der Chemie“
5.3.2005 (Anwesenheitspflicht!)	Experimentelle und theoretische Aufgabenstellungen zum 1. HS mit Präsentationen (Gruppenarbeit) – Tag der offenen Tür!
16.3.2005	Lecture „2. Hauptsatz und seine Anwendung in der Chemie“
2.4.2005	Gemeinsame Erarbeitung: Reaktionskinetik

„Contract graph“

1. Woche	2.3.		Class meeting, conference
	4.3.	1.	
	5.3.	2., 3.	Conference - Anwesenheitspflicht
2. Woche	9.3.		
	11.3.		
	12.3.	4.	Class meeting
3. Woche	16.3.	5.	Conference
	18.3.		
	30.3.	6.-9.	
4. Woche	2.4.	10.	Class meeting, conference
	8.4.	11., 12.	
	9.4.		Abgabe!!!; class meeting

Der „lab graph“ ist eine Aufzeichnungshilfe für die Lehrperson. In dieser Tabelle kann eingetragen werden, wann welche/r SchülerIn bestimmte Einheiten absolviert bzw. abgegeben hat. Dadurch ist der Lern- und Arbeitsfortschritt der SchülerInnen für die Lehrperson jederzeit gut und auf einen Blick ersichtlich.

Lab Graph

Assignment: Thermochemie

Umfang: 4 Arbeitswochen; 12 Einheiten

NAMEN	1. Woche			2. Woche			3. Woche			4. Woche		
	2.3	4.3	5.3	9.3	11.3	12.3	16.3	18.3	30.3	2.4	8.4	9.4
SchülerIn 1												
SchülerIn 2												
SchülerIn 3												
..												
..												
..												
..												
..												
..												
..												

3 BEGABUNGSFÖRDERUNG AN DER SIR-KARL- POPPER-SCHULE

Die Sir-Karl-Popper-Schule folgt im Rahmen ihrer Begabungsförderung nachstehenden Grundsätzen⁶:

- **Erfassung der Gesamtpersönlichkeit** des Schülers/der Schülerin durch starke sozialpädagogische Akzentsetzung (Ganzheitlichkeitsprinzip)
- **Personalisierung des Lernprozesses**
 - durch lernerzentrierte Arbeitsphasen in der Gruppe und/oder im Selbststudium (autonomes Lernen)
 - durch verpflichtende Erstellung und Kontrolle der Einhaltung individueller Lernkontrakte (Eigenverantwortung der Lernenden)
 - durch Einführung eines voruniversitären Kurssystems in der 7. und 8. Klasse (autonome Steuerung des Lernprozesses)
- **Fächerübergreifendes, projektorientiertes Arbeiten** (vernetztes Denken)
- Einführung **neuer Unterrichtsprinzipien**:
 - Kommunikations- und Präsentationstechniken (rhetorische Schulung, Spontaneität)
 - Grafische Gestaltungstechniken (Layout)
 - Konsequente Nutzung der Neuen Medien in allen Fachbereichen
- **Anwendungsorientierte Kompetenzen** (vorrangig vor Faktenwissen)
- **Öffnung nach außen** (Wirtschaft, Experten, regelmäßige Kontakte zur Wissenschaft, Praxisnähe)

3.1 Leitlinien

Lernen, Lehren, Arbeiten und Zusammenleben in der Sir-Karl-Popper-Schule werden durch eine gemeinsam erarbeitete und selbst erstellte „Richtschnur“, den Leitlinien und „Bildern“ geprägt. Die wichtigsten Aussagen davon, die die Konzeption des beschriebenen Projekts besser verdeutlichen können, sind hier wörtlich von der homepage der Schule⁶/der Informationsbroschüre wiedergegeben.

3.1.1 Das Menschenbild der Sir-Karl-Popper-Schule

"Absolventinnen und Absolventen der Sir Karl Popper-Schule sind bereit für lebenslanges Lernen. Sie wissen, dass wir nur Bilder über die Welt haben und dass diese Bilder nicht gleichzeitig die Welt sind, aber sie bleiben neugierig und bestrebt, immer mehr solcher Bilder kennen zu lernen und zu überprüfen. Sie gestalten diesen Lernprozesse, sie steuern aktiv, was sie in welcher Weise lernen wollen, und sie wissen auch, wozu ihnen dieses Gelernte nützt: Bewusst mit ihrer eigenen Person umzuge-

⁶ www.popperschule.at

hen und ihren Bezug zur umgebenden Welt differenziert reflektieren zu können. Sie streben Selbstbestimmung an, indem sie Entscheidungen treffen, für die sie Verantwortung übernehmen, und wissen dabei, dass ihr eigenes Handeln in das Handlungsnetz der Gesellschaft eingebunden ist. Sie können sich einerseits für intensive Arbeitsbelastung motivieren, sind andererseits aber auch im Stande, Muße und Entspannung für ihre persönliche Regeneration und für das Zusammenleben mit anderen Menschen zu genießen."⁷

3.1.2 Bildungsbegriff in der Sir-Karl-Popper-Schule

„Nicht Quantität an Wissen, sondern Qualität von Erkenntnis und Verständnis zählen. Wir setzen auf die Fähigkeit, die Relevanz von Bildungsinhalten für die eigene Person/für die Gesellschaft zu erkennen, die Gegenwart auf Grund des Gelernten wachsender verfolgen zu können, Vorgänge differenzierter beurteilen zu können, auf die Fähigkeit zur nicht-trivialen (d.h. kritischen) Rezeption von "Kultur", ohne die Genussfähigkeit dabei zu verlieren, auf die Entscheidungsfähigkeit zur Vertiefung von Inhalten ("den Dingen auf den Grund gehen"). Wir wünschen uns einen emanzipierten Umgang mit den Polen "Lesen/Lernen" einerseits und "SelbstDenken" andererseits - es muss nicht das Rad neu erfunden werden, und doch führt die selbständige und unvoreingenommene Auseinandersetzung mit Fragen oft zu wertvolleren Ergebnissen als das Übernehmen von vorgedachten Inhalten. So können unter Umständen auch kreative Lösungen gefunden werden für Aufgaben, die noch nie gelöst wurden – und Fragen gestellt werden, die noch nie gestellt wurden!"⁸

3.1.3 Das Bild von Schule

„Schule ist für uns ein Ort, an dem eine solche Bildung erworben werden kann bzw. an dem die Grundsteine gelegt werden, damit an dieser Bildung lebenslang gearbeitet werden kann. Lehrer und Lehrerinnen sind Experten in Bildungsmanagement sowie in einem bestimmten Bildungsbereich, sie vermitteln Strategien, steuern Prozesse, steuern auch Inhalte bei, klinken sich in das allgemeine Lernklima ein, schaffen eine Kultur der Neugier, der Anstrengung, des Auswählens und Vertiefens und leben vor allem die oben angeführte Haltung vor.

Leistungsfeststellung ist zur Steuerung notwendig - und an bestimmten Punkten des Schuljahres auch zur Selektion (dieser gesellschaftlichen Funktion kann sich auch die Sir Karl Popper-Schule nicht entziehen, selbst wenn sie es wollte). Sie darf aber nicht annähernd denselben Zeitrahmen bekommen wie das Lernen (jede Schule muss mehr die Möglichkeit schaffen, dass die Kinder lernen, als zu überprüfen, was sie können). Die Schülerinnen und Schüler brauchen einander (sie geben einander neue Impulse und Ergänzungen, sie lernen von einander unterschiedliche Zugänge) und sie brauchen Erwachsene, wie sie oben beschrieben sind. Schule ist auch ein Mikrokosmos, in dem die Gesellschaft abgebildet wird, in dem aber gleichzeitig auch geübt werden kann, wie eine veränderte Gesellschaft funktionieren könnte."⁹

⁷ R. WUSTINGER: in Jahrbuch 2000/2001 der Sir-Karl-Popper-Schule

⁸ www.popperschule.at (Leitlinien)

⁹ Ibid.

3.1.4 Das Bild vom Lernen

„Alle Erkenntnisse der Lernpsychologie sollen im Unterricht umgesetzt werden. Die Auswahl dessen, was behalten wird, ist heute mehr denn je überlebensnotwendig, Kriterien für diese Auswahl müssen geliefert/gefunden werden. Wir wollen "breit beleuchten und sparsam beurteilen" (mit vielem bekannt machen, aber nur das Wesentliche für die Beurteilung heranziehen). Wissen soll auch als Wert an sich gelten (man hat sich mit etwas beschäftigt und beschließt dann, es nicht weiter zu brauchen, und doch hat man etwas gelernt, das man vielleicht viel später braucht, das aber vor allem die "innere Landschaft" verändert hat). Vor allem wollen wir den Unterricht gemeinsam mit den Kindern entwickeln, was sich im "Contracting" niederschlägt, einer gemeinsamen Vereinbarung zwischen Lehrer und Klasse darüber, was im Unterricht wie geschehen soll.“¹⁰

3.1.5 Das Bild der Schülerin/des Schülers

„Die Lernenden in der Sir Karl Popper-Schule lassen sich schon durch ihre Entscheidung für diese Schule auf einen Weg ein, der nicht gerade der einfachste ist. Sie messen sich mit Gleichbegabten und geben oft dadurch eine "Pole-position" auf, die sie in anderen Lerngruppen relativ mühelos behalten könnten. Damit sagen sie prinzipiell "ja" zu einer gewissen Form der Anstrengung, wenn sie dabei auch vor allem am Beginn noch viel Unterstützung und Ermunterung brauchen. Sie sind bereit, sich mit sich selbst auseinander zu setzen, zu reflektieren, ihre Begabungen zu suchen und auszuloten. Und sie bringen sich selbst und ihre Ideen in den Unterricht und in das Schulleben im allgemeinen ein, sie gestalten mit, sie äußern ihre Kritik in adäquater und konstruktiver Form und können auch die Grenzen akzeptieren, die das System setzt und die (noch?) nicht verrückbar sind.“¹¹

3.2 Didaktische Leitlinien für den Chemieunterricht

Die wichtigsten, für den naturwissenschaftlichen und damit auch „chemischen“ Unterricht besonders bedeutungsvollen Kriterien, durch die sich hochbegabte Jugendliche auszeichnen, sind

- Hohes Abstraktionsvermögen
- Schnelles Erkennen zugrundeliegender Prinzipien
- Gute Analogiebildung
- Gutes Instruktionsverständnis
- Schnelle Auffassungsgabe
- Hohe Neugier
- Hohe Leistungsmotivation
- Freunde an Erkenntnis
- Hohe Bereitschaft zu Planung und Organisation

Diese bei den verschiedenen Schülerinnen und Schülern stärker oder weniger stark ausgeprägten Charakteristiken gilt es im Rahmen des Unterrichts zu fördern, indem man Arbeitssituationen schafft, die es den Schülerinnen und Schülern ermöglichen

¹⁰ www.popperschule.at (Leitlinien)

¹¹ G. SCHMID: in Jahrbuch 2000/2001 der Sir-Karl-Popper-Schule

einerseits diese Kompetenzen zu erkennen und als positiv zu erleben und andererseits weniger gut ausgeprägte Fähigkeiten zu verstärken. Dadurch lassen sich für die methodisch-didaktische Ausrichtung des Chemieunterrichts an der Sir-Karl-Popper-Schule folgende Punkte einer Leitlinie formulieren¹²:

- **Priorität der Qualität von Wissen und Verständnis**

Kenntnisse, Fähigkeiten und Fertigkeiten im chemischen Fachbereich sollen nicht als Selbstzweck erworben werden. Vielmehr muss ein Beitrag zum Verstehen und Beurteilen der in der Lebenswirklichkeit der Schülerinnen und Schüler auftretenden chemischen Prozesse geleistet werden. Daher kann nicht die Quantität von vermitteltem Lernstoff im Vordergrund stehen, um die obengenannten Qualitäten der Lernenden zu fördern, sondern ein grundlegendes Verständnis von Zusammenhängen und die Bedeutung des Erlernenen. Besonders für die Naturwissenschaften ist das Primat der Qualität von großer Bedeutung, da Problemlösungen grundsätzlich nur dann zu erwarten sind, wenn zuerst Fragen nach den Qualitäten und erst in zweiter Linie nach Quantitäten gestellt werden. Außerdem sind für die Quantität von Wissensinhalten Bibliotheken von (Fach)büchern und Lexika zuständig, für die Qualität jedoch kann nur der – immer lernende – Mensch verantwortlich sein. Dies erfordert

- **eine optimale und geeignete Auswahl der Lerninhalte für die verschiedenen Kurse**

Diese Auswahl richtet sich - neben den Lehrplaninhalten – nach Schwerpunkten in Themenbereichen, bei denen die Methoden, die in den Naturwissenschaften Anwendung finden, deutlich hervortreten und den Lernenden klar werden. Außerdem kann und muss dabei auch bei der Auswahl von Inhalten Rücksicht darauf genommen werden, dass der Stellenwert der Chemie in der modernen Gesellschaft verdeutlicht wird und Beispiele für Anwendungen des Gelernten erkannt werden. Die Rechtfertigung der Auswahl wird durch

- **Mitteilen und Klarstellen der Ziele des Chemieunterrichts im Allgemeinen und**
- **Klarmachen der speziellen Lernziele jedes Themengebietes**

erreicht. Dazu müssen diese Lernziele **vor** Beginn des eigentlichen Unterrichts bzw. am Beginn der Lernphase für jedes Themengebiet bekannt gegeben werden. Außerdem wird den Schülerinnen und Schülern die Möglichkeit der Mitgestaltung des Lernprozesses ermöglicht (Contracting).

Ein weiterer Aspekt der Leitlinie ist

¹² Diese didaktische Leitlinie(n) wurde auf der Basis der allgemeinen Schulleitlinien durch den Autor erarbeitet.

- **die Berücksichtigung der unterschiedlichen Ausgangssituationen der einzelnen Lernenden**

Die Schülerinnen und Schüler müssen bei ihrem jeweiligen Wissens- und Fertigungsstand abgeholt werden. Dies ist nur durch eine

- **Individualisierung und Differenzierung des Lernprozesses**

zu erreichen. Es sind daher Möglichkeiten für eigenständiges Lernen im für die Schülerin/den Schüler angepassten Lerntempo zu schaffen. Das Lerntempo und die Effektivität des Lernens kann durch

- **die Vernetzung und Verknüpfung von neu Gelerntem mit vorhandenem Wissen**

bedeutend beeinflusst werden. Dies geschieht beispielsweise durch fachübergreifende und fächerverbindende Fragestellungen.

Optimale Förderung von Begabungen und Interessen kann dann gewährleistet werden, wenn

- **Möglichkeiten zur individuellen Vertiefung**

angeboten werden.

Ein sehr wichtiger Punkt für die Leitlinie des Chemieunterrichts ist das Schaffen von

- **Möglichkeiten zum selbständigen Experimentieren**

Einerseits werden dadurch chemische Fachinhalte durch eigenes Handeln verständlich, andererseits ergeben sich Möglichkeiten zur Überprüfung von eigenen Theorienbildungen. Individualisierung wird dadurch erreicht, dass fortgeschrittenere Schülerinnen und Schüler Experimente selbst planen dürfen und – aus Sicherheitsgründen nach erfolgter Besprechung mit dem Lehrer – ausprobieren können. Gleichzeitig erfolgt durch diese Methodik

- **die Förderung der Selbsttätigkeit, Selbst- und Sozialkompetenz,**

die in der Sir-Karl-Popper-Schule eines der wichtigsten fächerübergreifenden Unterrichtsprinzipien darstellt.

Aus diesem Kontext heraus bietet sich die Unterrichtskonzeption der Daltonpädagogik sehr gut an.

3.3 Organisatorische Rahmenbedingungen

Chemieunterricht an der Sir-Karl-Popper-Schule wird in der 7. und 8. Klasse im Rahmen des dort eingeführten Kurssystems folgendermaßen angeboten:

Grundkurs Chemie	einjährig	3 Wochenstunden	wahlweise 7. oder 8. Klasse
Vertiefungskurs Chemie	zweijährig	je 4 Wochenstunden	7. und 8. Klasse

Ab der 6. Klasse haben die Schülerinnen und Schüler zusätzlich die Wahl zwischen einer 3. Fremdsprache und dem Gegenstand „Naturwissenschaftliches Forschen“. Dieser Unterrichtsgegenstand umfasst je vier Wochenstunden in der 6., 7. und 8. Klasse und wird von den Schwerpunktbereichen Biologie, Physik und Chemie zu gleichen Teilen abgedeckt. In jedem Jahr ist eines dieser naturwissenschaftlichen Fächer sogenanntes „Leitfach“ und hat in diesem Jahr eine höhere Stundendotation. In der 6. Klasse ist es das Fach Chemie, in der 7. Klasse Physik und in der 8. Klasse Biologie.

Das Angebot der unverbindlichen Übung „Chemieolympiade“ wird zusätzlich wie in anderen Höheren Schulen angeboten.

Das Projekt wurde im Vertiefungskurs der 7. Klasse durchgeführt.

4 PROJEKTDURCHFÜHRUNG

4.1 Zeitliche Dimension

September 2004 – Dezember 2004:

Start-Up-Workshop, Literaturstudium, Erstellung des Fragebogens, Erstellung der Assignments

Jänner 2005:

Erste Befragung der Schüler

28. Jänner bis 26. Februar 2005 (3 Arbeits(Schul)wochen, 12 UE):

Assignment „Stöchiometrie“

2. März bis 9. April 2005 (4 Arbeits(Schul)wochen, 16 UE):

Assignment „Thermochemie“

April 2005:

Erstellung des Evaluationfragebogens, innere Evaluation

Mai/Juni 2005:

Äußere Evaluation durch Frau Dr. Streissler

Juni/Juli 2005:

Auswertung und Verfassen der vorliegenden Dokumentation

4.2 Allgemeines

Die Gruppe „Vertiefungskurs Chemie 7. Klasse“ besteht aus 8 Schülern und 2 Schülerinnen. 5 Schüler und eine Schülerin besuchen gleichzeitig auch den Kurs „Einführung in die Naturwissenschaften“ (2 Stunden Chemie und 2 Stunden Physik pro Woche) bereits im 2. Lernjahr.

Folgende didaktischen und pädagogischen Aspekte stehen bei den Assignments im Vordergrund:

- Klarstellung der Lernziele und der Bedeutung des zu Lernenden
- Transparenz der Lerninhalte
- Klarheit über den Ablauf des Lernprozesses
- Transparenz der Leistungsbeurteilung

Die SchülerInnen erhalten das Assignment in schriftlicher Form. Es umfasst

- die Beschreibung des Lernzwecks und der Lernziele, die sie nach Abschluss der Phase erreicht haben sollen
- das genaue Arbeitsprogramm mit den Angeboten der inneren Differenzierung (Fundamentum, Addentum)
- die Arbeitsunterlagen (Arbeitsblätter, Literaturhinweise)

- den Plan mit den Terminen für „class meetings“, „lectures“ und „conferences“ mit dem Hinweis auf allfällige Anwesenheitspflichten

Der Text des Assignments soll die SchülerInnen direkt, und daher persönlich ansprechen und in klarer Form durch den Lernprozess führen. Um die Übersichtlichkeit zu erhöhen und den SchülerInnen die Zeiteinteilung zu erleichtern, wird das Arbeitsprogramm in etwa gleich umfangreiche Einheiten geteilt. So müssen die SchülerInnen beim ersten Assignment 6 Einheiten in 3 Arbeitswochen (also im Durchschnitt je Arbeitswoche 2 Einheiten), und beim zweiten Assignment 12 Einheiten in 4 Arbeitswochen (also 3 Einheiten/Woche) bearbeiten. Damit wird den SchülerInnen und der Lehrperson leichter bewusst, welches Pensum noch bearbeitet werden muss.

4.3 Lehr/Lerninhalte

Beide Themengebiete „Stöchiometrie“ und „Thermochemie“ sind eher abstrakte und für Schüler im Regelschulbereich vielfach Schwierigkeiten bereitende Gebiete. Oftmals werden im Chemieunterricht zu solchen Themen auch kaum (Schüler)Experimente durchgeführt. Mit diesen Assignments habe ich versucht Interesse zu wecken und geeignete, die Bedeutung der Gebiete illustrierende Experimentalphasen einzubauen. In diesen Phasen arbeiten die SchülerInnen selbstständig im Labor. Die Lehrperson steht mit Rat und Hilfe zur Seite. Generell nimmt in Daltonphasen die Lehrperson eher die Rolle des Lehrmanagements ein und tritt in den Hintergrund. Dies fördert auch Phasen, in denen SchülerInnen voneinander lernen: „Lernen durch Lehren!“.

Zur Selbsterarbeitung der theoretischen Grundlagen und Inhalte sowie für die Angaben der Übungsaufbeispiele wird das Lehrbuch „Mortimer: Das Basiswissen der Chemie“¹³ herangezogen. Jede SchülerIn besitzt dieses Lehrbuch (entweder selbst gekauft oder von unserer Schulbibliothek entlehnt).

4.3.1 Assignment „Stöchiometrie“

Das Assignment besteht aus 6 Einheiten: 4 theoretische und 2 experimentelle. Nach dem Durcharbeiten des Programms haben die SchülerInnen optimaler Weise folgende Kenntnisse, Fertigkeiten und Fähigkeiten:

- Folgende Begriffe definieren und deren Bedeutung erklären: Molekülformel, empirische Formel, Mol, Avogadro-Zahl, Stoffmengenkonzentration (Molarität)
- Ionenformeln bilden können
- Stoffmengenberechnungen durchführen können
- Die Anzahl von Atomen oder Molekülen in einer bestimmten Masse eines Stoffes berechnen können
- Den Massenanteil eines Elementes in einer Verbindung mit gegebener Formel berechnen können
- Umsatzberechnungen durchführen können
- Die empirische Formel einer Verbindung aus gegebenen Massenanteilen berechnen können
- Reaktionsgleichungen abstimmen können (Ausgleichen von Reaktionsgleichungen)

¹³ Ch.E. MORTIMER: Chemie – Das Basiswissen der Chemie, 7. Auflage, Thieme Verlag, Stuttgart-New York, 2001

- Die Reaktionsgleichung einfacher Verbrennungsprozesse formulieren können
- Stoffmengenkonzentrationen und Massenkonzentrationen ineinander umrechnen können
- Eine bestimmte Menge einer Lösung mit genauer Stoffmengenkonzentration herstellen können
- Eine gravimetrische Analyse durchführen können
- Durchführung einer einfachen chemischen Synthese im Labormaßstab und Berechnung der Ausbeute

Um diese Ziele zu erreichen bearbeiten die SchülerInnen einzeln oder in Gruppen (siehe Abschnitt 4.4.3) die Kapiteln 3 und 4 (ganz oder teilweise, wie im Plan angegeben) aus dem *Mortimer*: Moleküle, Ionen, Empirische Formeln, Molkonzept, Zusammensetzung von Verbindungen, Elementaranalysenberechnungen, chem Reaktionsgleichungen und Ausbeuteberechnungen und Lösungskonzentrationen.

Das Arbeitsprogramm schreibt genau vor, welche Kapitel und Übungsbeispiele zu bearbeiten sind. Bei den Aufgaben wird immer zwischen **Fundamentum- und Addentumaufgaben** unterschieden. Das Fundamentum müssen alle SchülerInnen durchführen und abgeben. Das Addentum muss durchgeführt und abgegeben werden, wenn als Note ein „Sehr gut“ erreicht werden möchte. Im Addentum sind auch anspruchsvollere Aufgaben, die oft auch attraktiver sind, gestellt, während im Fundamentum eher einfachere, „straight forward“-Beispiele verlangt sind.

In der ersten experimentellen Einheit – beide Einheiten stehen in diesem Falle am Ende des Assignments, da zur optimalen Durchführung die vorher erarbeiteten theoretischen Grundlagen erforderlich sind – soll eine Nickelsalzlösung genauer Konzentration hergestellt werden. Die Genauigkeit wird anschließend durch eine gravimetrische Analyse überprüft.

Das zweite Experiment ist die Synthese von Eisen(II)-oxalat. Dies ist auch das erste Mal im Laufe des Chemieunterrichts, dass die SchülerInnen synthetisch arbeiten. Dazu erfolgt im Rahmen eines Class meetings eine kurze Einführung über die dazu nötigen Labortechniken, z.B. Arbeiten mit Glasfiltertiegel und Saugflasche.

4.3.2 Assignment „Thermochemie“

Dieses Assignment schließt nahtlos an die „Stöchiometrie“ an und ist theoretisch noch anspruchsvoller und auch länger (12 Einheiten in 4 Arbeitswochen/16 UE). Lernziele dieses Assignments sind:

- Folgende Begriffe definieren und deren Bedeutung erklären können: Hauptsätze der Thermodynamik, Innere Energie, Reaktionsenergie, Reaktionsenthalpie, Bildungsenthalpie, Bindungsenthalpie (Bindungsenergie), Standardenthalpie (jeweils), Entropie, freie Enthalpie, Reaktionsgeschwindigkeit, Reaktionsordnung, Aktivierungsenergie, Katalysator,
- Enthalpieberechnungen durchführen können
- Den Hess'schen Satz anwenden können
- Die Standardbildungsenthalpie von Verbindungen aus Standardbindungsenergien berechnen können
- Mit der Gibbs-Helmholtz-Gleichung rechnen können
- Verschiedene Arten von Enthalpien nennen können und Anwendungsbeispiele wissen

- Entscheiden können, wann bzw. unter welchen Bedingungen chemische Reaktionen spontan ablaufen
- Die Reaktionsordnung aus Experimentaldaten bestimmen können
- Das Prinzip einer Katalyse erläutern und Beispiele aus der Praxis nennen können

Vier der 12 Einheiten sind auch experimenteller Art. Die Angaben sind für die Schülerinnen aus dem Arbeitsplan des Assignments ersichtlich, die genaue Arbeitsvorschrift wird aber erst im Labor vor Beginn der Arbeit ausgehändigt.

Die Bearbeitung einer Aufgabenstellung (Einheit 3) ist besonderer Natur und erfolgt im Rahmen einer anwesenheitspflichtigen conference: die experimentelle Bestimmung der Reaktionsenthalpie einer chemischen Reaktion, wobei das dazu nötige Kalorimeter ohne genaue Angabe in der Vorschrift aus den in der Materialbox vorhandenen Geräten erfolgen muss. Die SchülerInnen müssen also zuerst planen, wie diese Messung mit den vorhandenen Materialien durchgeführt werden muss. Das Ergebnis und die Erläuterung ihrer Apparatur erfolgt durch die Gruppen in einer anschließenden Präsentation. Dabei werden auch Messfehler und Unterschiede der Durchführung in den einzelnen Gruppen diskutiert.

Als Arbeitsunterlagen dienen bei diesem Assignment wieder das Lehrbuch „Mortimer“, aber auch ein Ausschnitt aus einem Skriptum der „Chemischen Thermodynamik“, das von Manfred Kerschbaumer für die Chemieolympiade zusammengestellt wurde, und Arbeitsblätter von der CD-ROM „Chemie heute“ des Schroedel-Verlags¹⁴.

Bei diesem Assignment sind mehrere Wahlmöglichkeiten für die Bearbeitung der Themen vorgesehen. Dadurch ist auch eine stärkere Individualisierung des Lernprozesses gewährleistet.

4.4 Durchführung der Assignments

Die vollständigen Texte der beiden Assignments befinden sich im Anhang.

4.4.1 Class meetings

Am Beginn jeder Arbeitswoche findet ein sogenanntes „class meeting“ statt. Bei diesem meeting besteht Anwesenheitspflicht. Die Termine sind übersichtlich im Plan aufgelistet („contract graph“). Beim ersten class meeting eines Assignments erfolgt die Einführung durch die Lehrperson in das fachliche Themengebiet („Motivationsphase“). Die Ausführungen sollen neugierig auf die kommenden Arbeitswochen machen. Beim allerersten Assignment habe ich den SchülerInnen auch die organisatorische Vorgangsweise der Daltonphasen sowie die Intention dieser Methodik dargelegt.

In den weiteren class meetings erfolgt die Klärung organisatorischer Fragen, die Besprechung der Arbeitsfortschritte mit den einzelnen SchülerInnen und eventuell eine kurze mündliche feedback-Phase.

Die class meetings dauern im Allgemeinen keine ganze Unterrichtsstunde.

¹⁴ CD-ROM: „Chemie heute SII“, LehrerCD, Schroedel-Verlag GmbH, Hannover, 1998

4.4.2 Conferences

Die conferences habe ich im Rahmen der beiden Assignments meist als Lehrervorträge (lectures) ohne Anwesenheitspflicht gestaltet. Sie dauern meistens eine Unterrichtsstunde und sind ein Angebot einer „instruktiven Unterrichtsphase“ meinerseits zu einem Teilgebiet des Themas. Der Termin und Titel des Vortrags sind jeweils auch aus dem Plan ersichtlich. Den Inhalt des Vortrags habe ich in einem vorangegangenen class meeting kurz vorgestellt. Eine SchülerIn hat damit die Wahl das Teilgebiet eben klassisch vorgetragen zu bekommen und es nicht selbst zu erarbeiten, oder aber – dies haben einige SchülerInnen auch so angenommen – sich die Inhalte zuerst rechtzeitig selbst zu erarbeiten und den Vortrag als willkommene Wiederholung bzw. Zusammenfassung zu „genießen“ und dadurch auch eventuelle Unklarheiten zu beseitigen.

Ein anderer Inhalt einer conference kann auch eine echte konferenzartige Arbeitsphase sein. Dies habe ich beim Assignment „Thermochemie“ versucht, bei der in einer Doppelstunde experimentelle und theoretische Aufgabenstellungen zum 1. Hauptsatz der Thermodynamik in 2er-Teams zu bearbeiten sind und die Arbeit sowie Ergebnisse anschließend präsentiert und diskutiert werden müssen. Für eine derartige Arbeitsphase ist aber Anwesenheitspflicht erforderlich.

4.4.3 Arbeitsweise während des Assignments

Die Arbeitszeit teilen sich die SchülerInnen – abgesehen von den erwähnten Pflichtterminen - völlig frei und individuell ein. Auch für die Sozialform entscheiden sie sich autonom. Als Arbeitszeit, in der eine Lehrperson zur Verfügung steht bzw. in der im Labor gearbeitet werden kann, stehen den SchülerInnen die regulären, stundenplanmäßigen Chemiestunden und die Lab-Zeiten (siehe Kap.2.1.1) zur Verfügung. Dies waren insgesamt in diesem Schuljahr 12 Unterrichtsstunden pro Woche. Die SchülerInnen sind damit in Abhängigkeit von ihrem persönlichen Stundenplan frei in Ort und Zeit und können bei guter Planung ein Thema im Assignment solange bearbeiten, wie es für sie interessant ist und notwendig erscheint. Von der „Schulglocke“ sind sie damit weitgehend unabhängig. Es zeigte sich in den Arbeitsphasen oft auch, dass Fragen in den „Schulpausen“ untereinander, mit der Lehrperson diskutiert werden, gerade eben dann, wenn die Frage auftaucht und damit interessant ist.

4.4.4 Differenzierte Leistungsfeststellung

Sobald eine Einheit abgeschlossen ist kann sie von der SchülerIn abgegeben werden. Diese Abgabe wird im „lab graph“ verzeichnet. Die Aufgabenstellungen sind theoretisch oder praktisch und es wird im Einzelgespräch durch die Lehrperson geprüft, ob die SchülerIn die Arbeit selbstständig gemacht wurde. Bei experimentellen Aufgaben erübrigt sich diese „Überprüfung“. Eine Möglichkeit zur zusätzlichen Leistungsüberprüfung wäre, am Ende des Assignments einen „Test“ durchzuführen. Optimalerweise sind die Aufgabenstellungen so konzipiert, dass Abschreiben „sinnlos“ oder unmöglich ist.

Die Aufgaben im Rahmen des Assignments sind in Fundamentum und Addentum geteilt. Für das Erreichen der Note „Sehr gut“ ist auch die ordnungsgemäße bzw. richtige Bearbeitung der Aufgaben des Addentums nötig.

5 ERGEBNISSE

5.1 „Vorerhebung“ – Begabungsförderung

Vor der Durchführung der Daltonphasen habe ich versucht per Fragebogen zu erheben, welche Aspekte von (Chemie)Unterricht, naturwissenschaftlichem Unterricht aus SchülerInnen­sicht begabungsfördernd bzw. hinderlich wirken, bzw. welche Vorstellungen sie darüber haben. Weiters wurde nach Interessen und Arbeitsvorlieben gefragt. Der Fragebogen im exakten Wortlaut befindet sich im Anhang. Die Ergebnisse sind in diesem Kapitel zusammengefasst.

Das **Interesse an naturwissenschaftlichen Themen** wurde durchwegs mit 1 bis 2 angegeben. Bei der speziellen Abfrage, welche der Naturwissenschaften hauptsächlich interessiert ist eine breite Streuung festzustellen. Es gibt keine eindeutige Präferenz zu einer der Naturwissenschaften.

Die **SchülerInnen halten sich selbst für mittelmäßig begabt** (nur einmal Nennung 1 sonst eher 2 bis 3) im naturwissenschaftlichen Bereich wie auch in Chemie. Die Einschätzung der SchülerInnen ist aus meiner Sicht ein „understatement“.

5 Schülerinnen **arbeiten** lieber an kleineren, übersichtlichen Aufgaben; 3 SchülerInnen eher lieber an größeren und umfassenden Problemstellungen; 2 SchülerInnen haben dazu keine Angabe gemacht.

Alle SchülerInnen haben angegeben, dass sie am liebsten in kleineren **Gruppen** (2-3 Personen) arbeiten.

Als **Methoden/Aspekte, die aus SchülerInnen­sicht Interesse und Begabungen fördern**, wurden in absteigender Zahl (in Klammern) genannt:

- Bearbeitung von Aufgaben in 2er-Teams (7)
- Forschende, entwickelnde Unterrichtsmethodik (7)
- Selbst nach Arbeitsanleitung durchgeführte Experimente (5)
- Selbst erdachte/geplante Experimente (4)
- Medienunterstützter Lehrervortrag (3)
- Übungs- und Aufgabenblätter (2)
- Frontalunterricht (1)
- Rollenspiel (1)

Projekte, Teamarbeit, entdeckendes Lernen, neugierig machen, theoretisch Gelerntes praktisch anwenden können und forschend-entwickelnder Unterricht werden als besonders begabungsfördernd angesehen.

Viele geben an, dass Basiswissen frontal vom Lehrer vermittelt werden soll, wobei aber für „Schüleranliegen“ genug Platz sein soll. „Tiefere Zusammenhänge“ sollen aber in „Selbstforschung oder im Team“ erarbeitet werden.

Es ist **eine eher traditionelle Sicht** herauszulesen, was meines Erachtens daran liegt, dass die SchülerInnen hier von ihren bisherigen Unterrichtserfahrungen ausge-

hen und Aspekte nennen, die sie gut kennen. Dies wird dadurch bestätigt, dass beispielsweise keine SchülerInnen die Dalton-pädagogik kannte.

Einen wichtigen Aspekt stellt für die SchülerInnen die **Teamarbeit** dar. Auch bei der Frage, unter welchen Umständen die Leistungsfähigkeit besonders hoch sei, haben alle übereinstimmend angegeben, dass dies der Fall sei, wenn sie im Team an Problemstellungen arbeiten. Weiters wurde zu dieser Frage von allen angegeben, dass die Leistungsfähigkeit sehr hoch ist, wenn das bearbeitet wird, was sie gerade interessiert, von vielen auch, wenn die Probleme schwierig sind. Die **SchülerInnen schätzen also die fachliche Herausforderung als leistungssteigernd ein**. Die ist charakteristisch für Hochbegabte.

Den meisten SchülerInnen ist auch wichtig, dass sie die **Ziele des Unterrichts** kennen und wissen, wie die Notengebung zustande kommt.

Charakteristisch und bezeichnend ist für mich, dass die SchülerInnen ziemlich genaue Vorstellungen davon haben, was für sie wichtig ist und dies auch zusätzlich schriftlich artikulieren. Jeder hat noch Bemerkungen dazugeschrieben und nicht bloß die Zahlen angekreuzt. Die **Auseinandersetzung mit dem Unterrichtsgeschehen** ist ihnen wichtig.

5.2 Beobachtungen/Eindrücke der Lehrperson

Die SchülerInnen haben das Angebot im Rahmen dieses Projekts sehr gut angenommen. Die SchülerInnen sind nicht nur hochbegabt sondern auch an chemischen und physikalischen Themenstellungen sehr interessiert und bringen auch sehr gute Leistungen. Dies zeigt sich zusätzlich dadurch, dass vier der zehn SchülerInnen auch bei der Österreichischen Chemieolympiade beim Landeswettbewerb sehr gut abgeschnitten haben, einer davon hat sich sogar für den Bundeswettbewerb qualifiziert. Weitere zwei Schüler haben auch sehr gute Leistungen bei den Bundeswettbewerben der Physikolympiade und Mathematikolympiade erbracht.

In beiden Assignments hat sich sehr gut die Rolle der Lehrperson bei Daltonphasen gezeigt: eher die Zurücknehmende, die einer/s Bildungsmanagerin/s und Organisatorin/s des Lernprozesses, eine beratende Rolle in fachlicher und lerntechnischer Hinsicht. Die anstrengendste Phase liegt bei der Erstellung der Assignments. Die Arbeit im „Unterricht“ war für mich sehr angenehm und erfreulich, insofern als es wohl nichts Schöneres für eine Lehrperson geben kann, als zu **beobachten, wie SchülerInnen gepackt vom Interesse an einem Thema, an einer Fragestellung, mit Akribie an der Arbeit sind, um Probleme zu lösen und sich dann an der erfolgreichen Bewältigung der Aufgabe erfreuen, erfüllt vom Wissensdurst, weitere, schwierigere Probleme lösen zu wollen**.

Die individuelle Arbeitsgestaltung der SchülerInnen vor allem der zeitlichen Komponente erlaubte auch individuelle Betreuung von einzelnen SchülerInnen bzw. Schülergruppen. Jede/r konnte seine eigene Arbeitsgeschwindigkeit festlegen.

Interessant war zu beobachten wie einzelne SchülerInnen mit ihrem Zeitbudget umgingen. So hatten beim ersten Assignment drei SchülerInnen in den ersten beiden Wochen überhaupt nicht am Assignment gearbeitet und die gesamte Arbeit in der letzten Woche erledigt, dies aber auch gut geschafft, wenn sie auch in der allerletzten Phase gehörig in Stress geraten sind. Im mündlichen Zwischenfeedback und bei den class meetings hatten diese SchülerInnen angegeben, dass sie das eigentlich nicht beabsichtigten, sondern generell Schwierigkeiten mit ihrem Zeitmanagement

hätten. Sie sähen dies aber als Herausforderung und willkommene Möglichkeit an diesem ihrem Problem zu arbeiten. Ein positiver „side effect“ der Methodik?! Die Verantwortung liegt eben wirklich in den Händen der SchülerInnen. Ich habe in der Folge beim ersten class meeting des 2. Assignments darauf hingewiesen, dass eine solche extreme Ausformung des Zeitmanagements bei diesem Assignment eher nicht zum Erfolg führen könne, da dieses länger, schwieriger und daher auch zeitintensiver sei.

Beim zweiten Assignment kam es dann auch tatsächlich nicht zu einer solchen extremen Situation, obwohl die SchülerInnen sehr unterschiedlich schnell ihr Programm durcharbeiteten.

Eine Schwierigkeit, die beim 2. Assignment generell aufgetreten ist – dies wurde auch in den mündlichen Feedbacks angesprochen –, war die Tatsache, dass in der 3. Arbeitswoche ein Bruch des Arbeitsablaufes durch die Osterferien erfolgte, und im Laufe des gesamten Assignments auch an einzelnen Terminen die Labstunden ausgefallen sind. Dies hat die 4 Arbeitswochen sehr stark auseinander gezogen und den Arbeitsfluss teilweise gehemmt. Die SchülerInnen mussten ihre Arbeit noch besser planen.

Hinsichtlich der Leistungsbeurteilung der Daltonphasen ergibt sich folgendes Bild:

1. Assignment: 4 Sehr Gut, 5 Gut, 1 Befriedigend
2. Assignment: 4 Sehr Gut, 6 Gut

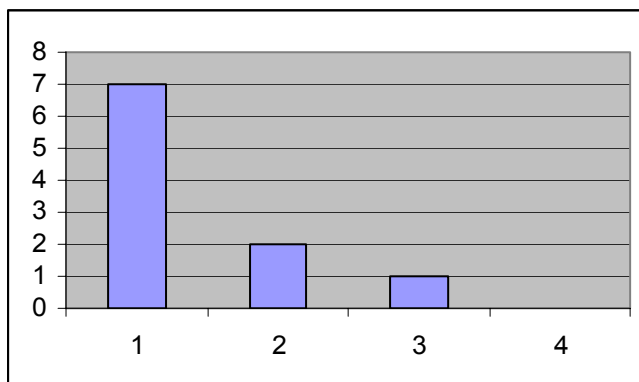
Aus meiner Sicht eine respektable Leistung!

5.3 Ergebnis – „interne Evaluation“

Diese Evaluation erfolgte durch einen Fragebogen, der sich in vollem Wortlaut ebenfalls im Anhang befindet, unmittelbar nach Abschluss des 2. Assignments (nächste Chemiestunde) und einer kurzen mündlichen feedback-Phase/Diskussion.

5.3.1 Allgemeines

Ergebnis der Frage: „**Die Daltonphasen haben mir insgesamt gefallen/nicht gefallen**“ (4 Bewertungsstufen)



Als Aspekte/Argumente, was am meisten gefallen hat, wurden genannt:

- Freie Zeiteinteilung (3 Nennungen), persönliches Zeitmanagement
- Intensivere Auseinandersetzung mit dem Stoff (→ größerer Lerneffekt)
- Eigenständigkeit (2 Nennungen), selbstständiges Arbeiten

- Arbeitszeiten nicht nur auf Schule beschränkt
- Aktives Lernen, das das Wissen vertieft
- Sehr aktiv/intensiv

Als Aspekte/Argumente, was gar nicht gefallen hat, wurden genannt:

- Die Erklärungen im „Mortimer“ waren manchmal recht kompliziert
- Zweites Assignment zu lang (2 Nennungen)
- Sehr große Anforderung (viel Arbeit in verhältnismäßig kurzer Zeit)
- Zu große inhaltliche Vorgabe
- Zu wenig Wiederholung
- Zeitlich/Inhaltlich zu lang: ich hätte lieber kürzere Assignments, die den Stoff wiederholen und festigen und bei denen man nicht neu erarbeiten muss

4 SchülerInnen haben zu dieser Frage keine Angaben gemacht.

5.3.2 Assignment „Stöchiometrie“

Die Ergebnisse werden als Mittelwerte der Nennungen angegeben. Zusätzliche Bemerkungen sind wörtlich zitiert und *kursiv* gedruckt.

Länge der gesamten Arbeitsphase dieses Assignments: gerade richtig

Die **Arbeitszeit** für die Arbeitsaufträge war: gerade richtig

Die **Einteilung der Arbeitsaufträge in Fundamentum/Addendum** finde ich:
Optimal bis gut

Die **Aufteilung der Arbeit in selbstständiges Lernen, Problemlösen, Bearbeiten von experimentellen Fragestellungen** finde ich:
Optimal bis gut

Bemerkungen/Begründungen dazu:

Ich war zufrieden, hätte aber lieber etwas mehr Experimente gehabt.

Die **zur Verfügung stehende Arbeitszeit** war ausreichend bis gut

Mehr Zeit hätte ich gebraucht für:

Das selbstständige Lernen; manche Experimente (3 Nennungen); Schlaf (meine Zeiteinteilung war ziemlich auf die Endphase konzentriert)

Wie bist du mit der Zeiteinteilung zurechtgekommen? Woran lag das? Was war förderlich/hinderlich?

Keine Probleme

Sehr knapp, da ich mit Assignments nicht sehr vertraut war und auch sonst viel zu tun hatte. Ich habe aber bezüglich der Zeiteinteilung dazugelernt

Meine Zeiteinteilung war schlecht, weil ich noch keine Erfahrung mit Assignments hatte. Wenn wir weniger Zeit gehabt hätten, hätte ich mehr Druck gehabt und wahrscheinlich früher und intensiver daran gearbeitet. Der Zeitraum war ziemlich unübersichtlich.

Im 1. Assignment hab ich mir zu viel Zeit gelassen und bin die Sache zu locker angegangen, womit ich am Ende unter Zeitdruck stand. Bis zum 2. Assignment habe ich meine Lektion gelernt gehabt

Meine Zeiteinteilung war für mich gut, wenngleich zeitweise etwas stressig. Ich habe manchmal Aufgaben aufgeschoben. Dies ist dann später auf mich zurückgefallen. Besonders hilfreich war das Lernen mit KollegInnen, da sie die Motivation aufrecht erhielten, auch wenn ich einmal nicht motiviert war.

Gut. Ich war schon vor der letzten Doppelstunde fertig. Hilfreich: konstant arbeiten.

Spät angefangen. Zeitlich unterschätzt. Brauche den Zeitdruck.

Arbeits/Sozialform:

4 SchülerInnen haben immer im kleinen Team gearbeitet, 3 SchülerInnen haben immer allein gearbeitet, 3 SchülerInnen in verschiedenen Phasen allein bzw. im kleinen Team.

Die Arbeit am Assignment hat **mein Interesse an chemischen Problemstellungen und Inhalten:**

Gefördert

Besonders förderlich waren:

Ansprechende, schwierige Phasen/Themenstellungen.

Grundlagenwiederholungen.

Die „Mortimer Phasen“, da eine Selbstkontrolle mit Hilfe der beiliegenden Lösungen durchgeführt werden konnte, was bei einer Differenz der Ergebnisse zu einer intensiveren Beschäftigung mit der Aufgabe führen konnte.

Alles war sehr interessant.

Welche Phasen waren hinderlich?

Zu einfache.

Sonst keine Angaben zu dieser Frage!

Die **Lehrerrolle** war

optimal (5 Nennungen)

Angemessen (6 Nennungen)

unterstützend (3 Nennungen)

zu sehr zurückgezogen (1 Nennung)

pädagogischer Effekt tritt in den Hintergrund (Zusatzbemerkung)

Die **Ziele der Arbeit** waren für alle klar.

Die **Arbeitsanleitungen** waren für alle klar formuliert und verständlich.

Die **Beurteilung der Leistung** fanden alle gerecht und nachvollziehbar/transparent.

Die Arbeitsform der Assignments war für alle ihrer **Begabung im naturwissenschaftlichen/chemischen Bereich** förderlich. Als **Begründungen** zusätzlich angegeben:

Interessant; ich wurde zu aktivem Arbeiten „gezwungen“, was meiner faulen Natur widerspricht; ich musste alleine(selbst) Probleme lösen; ich besitze nun einen gewissen Durchblick und konnte mit meiner Geschwindigkeit arbeiten; man ist auf seinen eigenen Verstand angewiesen;

5.3.3 Assignment „Thermochemie“

Länge der gesamten Arbeitsphase dieses Assignments: zu lang

Die **Arbeitszeit für die Arbeitsaufträge** war: gerade richtig/zu kurz (5:5)

Die **Einteilung der Arbeitsaufträge in Fundamentum/Addentum** finde ich:

Optimal bis gut

Die **Aufteilung der Arbeit in selbstständiges Lernen, Problemlösen, Bearbeiten von experimentellen Fragestellungen** finde ich:

Optimal bis gut

Bemerkungen/Begründungen dazu:

Hin und wieder sollten freiwillig zu besuchende Vorträge stattfinden

Exp. Fragestellungen beschränkt mögliche Arbeitszeit auf Lab-Zeiten

Einheit 6 war zu viel Theorie/selbstständiges Lernen auf einmal vielfältig.

Die **zur Verfügung stehende Arbeitszeit** war ausreichend (7 Nennungen)

Zu kurz (3 Nennungen)

Mehr Zeit hätte ich gebraucht für:

Addentum (5 Nennungen)

Selbstständiges Lernen; Versuche

Wie bist du mit der Zeiteinteilung zurechtgekommen? Woran lag das? Was war förderlich/hinderlich?

Zeiteinteilung OK. Förderlich war ein selbst erstellter Übersichtsplan.

Recht gut. Zeiteinteilung war angenehm.

Zeiteinteilung gut gewählt. Zwar etwas spät angefangen, doch Ferien genutzt.

Prinzipiell gut. Hinderlich waren die Ferien in der Arbeitszeit der Assignments.

Meine Zeiteinteilung war besser als beim ersten Assignment, weil ich schon Erfahrung damit hatte. Das größte Problem waren die zweistündigen Versuche, weil ich nur schwer eine Doppelstunde dafür finden konnte. Außerdem habe ich aufgrund meiner Erfahrung mit dem ersten Assignment früher begonnen und mir ein niedrigeres Ziel gesetzt.

Gut. Konstantes Arbeiten. Nicht alles bis zum Ende aufheben.

Zu spät angefangen. Zeitdruck als Extremsportart → Vorbereitung auf den Managerberuf

Gut

Arbeits/Sozialform:

3 SchülerInnen haben immer im kleinen Team gearbeitet, 2 SchülerInnen haben immer allein gearbeitet, 5 SchülerInnen in verschiedenen Phasen allein bzw. im kleinen Team.

Die Arbeit am Assignment hat mein **Interesse an chemischen Problemstellungen und Inhalten:**

Gefördert

Besonders förderlich waren:

Schwierige Aufgaben.

Entropie.

Alles war sehr interessant.

Aufgaben aus dem Mortimer und Zusatzblätter.

Welche Phasen waren hinderlich?

Unklare Aufgabenstellungen.

Problemstellungen, die Arbeitszeit auf Lab-Zeiten beschränken.

Das ganze Durchlesen und Zusammenfassen zu müssen.

Die **Lehrerrolle** war

Angemessen (6 Nennungen)

unterstützend (4 Nennungen)

optimal (1 Nennungen)

zu sehr zurückgezogen (1 Nennung)

zu wenig instruktiv (1 Nennung)

Anders als im Unterricht, weil nicht im Mittelpunkt (Zusatzbemerkung)

Pädagogische Rolle ist reduziert (Zusatzbemerkung)

Ein wenig zurückgezogen (Zusatzbemerkung)

Die **Ziele der Arbeit** waren für alle klar.

Die **Arbeitsanleitungen** waren für alle klar formuliert und verständlich. (Ausnahme Aufgabe 9A)

Die **Beurteilung der Leistung** fanden alle gerecht und nachvollziehbar/transparent.

Die Arbeitsform der Assignments war für alle ihrer **Begabung im naturwissenschaftlichen/chemischen Bereich** förderlich. Als **Begründungen** wurden angegeben:

Selbstständiges Arbeiten. (3 Nennungen)

Weil ich mich mit ihr (der Begabung) auseinandersetzen musste

Interesse

Allgemein wurden noch folgende Statements zugefügt:

Eine Einarbeitung der Unterrichtseinheiten in den Zeitplan wäre gut.

Tolle Erfahrung!

Ziemlich anstrengend, aber angenehm. Assignments und Frontalunterricht sollten sich die Waage halten. Super!

Pro Schuljahr ca. 4 Assignments je 3 zusammenhängende Arbeitswochen sind meinerseits erwünscht und passend.

Assignment prinzipiell gutes Konzept, kann aber nur Unterrichtsergänzung sein.

Die Assignments sollten höchstens 2 Wochen dauern und kein Basiswissen als Stoff haben, sondern eher eine ergänzende und erweiternde Rolle spielen.

Assignments sind sicher eine gute Lehrform, die dem Schüler Selbstständigkeit vermittelt und ihn/sie aktiv lernen lässt. Allerdings denke ich, dass das Assignment eine Partnerrolle mit dem klassischen Unterricht einnehmen sollte und ihn ergänzen (Nur für motivierte Schüler geeignet).

Sehr gut. Ich bin dafür solche Assignments zu machen (aber nicht zu oft).

Hat Spaß gemacht!

5.4 Ergebnis – „äußere Evaluation“

Die externe Evaluation des Unterrichtes erfolgte von Dr. Anna Streissler (Universität Klagenfurt) durch semistrukturierte Interviews in der Schulzeit im Chemievorbereitungsraum. Die Interviews dauerten zwischen 16 und 31 Minuten und wurden digital aufgezeichnet, abgehört und stichwortartig zusammengefasst.

In einer Vorstellung machte die Interviewerin den Interviewten klar, dass die Interviews der Evaluation dienen, dass daher positive wie negative Aspekte wichtig wären, da diese dem Lehrer helfen könnten, das Projekt bei nochmaliger Durchführung zu verbessern. Die Interviewerin stellte sich den SchülerInnen vor und betonte, dass sie keine Naturwissenschaftlerin sei und auch keine Lehrerin sondern von einem sozialwissenschaftlichen Standpunkt an Unterrichtsprojekten interessiert sei. Sie bot den Schülern das Du-Wort an, um die soziale Distanz so gering wie möglich zu halten.

Insgesamt verliefen die Interviews sehr gut, die SchülerInnen hatten klare Meinungen zu dem Projekt, die sie präzise und prägnant artikulierten. Es gab starke Übereinstimmungen bezüglich des Projektes, die darauf zurückzuführen sein könnten, dass vor den Einzelinterviews bereits eine Abschlussdiskussion in der Klasse stattgefunden

den hatte. Durch die Interviews konnte sich die Evaluatorin ein gutes, detailreiches Bild des Projektes machen. Die Antworten wurden stichwortartig zusammengefasst und thematisch gruppiert. Sowohl große Übereinstimmungen als auch abweichende oder einander widersprechende Aussagen werden erwähnt.

In der folgenden Beschreibung ist selten ersichtlich, ob die Aussage von einem Mädchen oder einem Burschen gemacht worden ist. Dies erscheint nicht weiter relevant, da es keine genderspezifischen, sondern nur persönlichkeitsabhängige Meinungen zum Projekt gab. Keine/r der SchülerInnen verwendete jedoch gendersensible Formulierungen.

Der semistrukturierte Fragebogen an die SchülerInnen bestand aus folgenden Fragen:

- 1) Kannst du mir das Projekt aus deiner persönlichen Sicht beschreiben? Worum ist es gegangen, was hat dir gefallen, was war nicht so gut?
- 2) Wie ist es dir persönlich während des Projektes gegangen?
- 3) Wie hast du während des Projektes gearbeitet, allein, in Kleingruppen oder in der Großgruppe?
- 4) Ihr habt in dem Projekt sehr selbständig sein müssen, wie ist es dir damit gegangen? Wie ist es deinen MitschülerInnen gegangen?
- 5) Während des Projektes gab es theoretische und praktische Teile. Was war das Verhältnis zwischen Theorie und Praxis?
- 6) Hat das Projekt dein Interesse und deine Motivation an Chemie gehoben?
- 7) Sind Daltonphasen für andere naturwissenschaftliche Fächer auch geeignet?
- 8) Du gehst in eine Schule für Hochbegabte. Glaubst du, sind Daltonphasen für Hochbegabte besonders geeignet?

Während der Interviews sind einige Themen aufgetaucht, die in der folgenden Zusammenfassung extra erwähnt werden, z.B. die Rolle des Lehrers, die Klassengemeinschaft und Teamarbeit und allgemeine Überlegungen zu Pädagogik.

5.4.1 Gruppendynamische und lerntechnische Vorerfahrungen

Alle SchülerInnen beschreiben das Klima in der Klasse als sehr gut, obwohl es natürlich Grüppchenbildungen gibt. Die Klassengemeinschaft wurde in der 5. und 6. Klasse sehr gefestigt, mit Konflikten wird konstruktiv umgegangen. Da die SchülerInnen jetzt ein Kurssystem haben und die wenigsten die gleichen Fächer gewählt haben, empfinden sie sich jetzt aber nicht mehr so sehr als Klasse sondern als Jahrgang. Die SchülerInnen sind Teamarbeit gewöhnt. Es gab unterschiedliche Meinungen, ob die Daltonphasen die Atmosphäre im Kurs verbessert hat. Ein/e Schülerin meinte, das Projekt hatte keine Auswirkungen auf die Atmosphäre im Kurs, aber es war eine Abwechslung, ein/e andere/r meinte, dass der Austausch in der Klasse gefördert worden sei.

Die SchülerInnen bringen Vorerfahrungen mit selbständig Arbeiten mit, viele beschreiben, dass sie es bereits gewöhnt sind, da sie häufig Referate erarbeiten und im Unterricht halten müssen und die LehrerInnen im Vergleich zu anderen Schulen eine untergeordnetere Rolle spielen. Auch Erfahrungen mit fächerübergreifenden Projekten gab es bereits.

Die SchülerInnen setzten sich intensiv mit den pädagogischen Aspekten des Projektes und ihres Unterrichtes allgemein auseinander. Der beste Unterricht sei der, der zwischen verschiedenen Methoden abwechselt. In der Popper Schule zögen sich die Lehrer eher zurück und ließen die SchülerInnen alleine arbeiten. Die SchülerInnen müssten sehr viel Referate halten, sodass manche bemängelten, dass es in dieser Schule zu wenig Frontalunterricht gebe, andere behaupteten jedoch, dass die Frontalphase leicht ermüden könnten. Gutes Lernen hänge jedoch nicht nur von der Pädagogik, sondern von der Persönlichkeit des Lehrers ab.

5.4.2 Charakteristika, Vor- und Nachteile sowie Veränderungsvorschläge

In den Dalton-Phasen wurden zwei neue Themengebiete vermittelt, nämlich Stöchiometrie und Thermochemie, wobei es in beiden Gebieten theoretische und praktische Aufgaben gab. Jedes Assignment war in Fundamentum und Addentum aufgebaut, dies waren einerseits Aufgaben aus dem Mortimer, andererseits frei erfundene Aufgaben. Bei Fertigstellung aller Aufgaben des Fundamentums gab es im besten Fall ein Gut, bei der Fertigstellung der zusätzlichen Aufgaben des Addentums im besten Fall ein Sehr gut. Das Addentum bestand aus zusätzlichen Übungen, die zusätzliches Wissen oder mehr Rechnungen verlangt haben. Die Assignments liefen über einen bestimmten Zeitraum, das erste dauerte zwei Wochen, das zweite 3-4 Wochen. Als Unterlagen stellte der Lehrer Bücher bereit (v.a. Mortimer). Ein/e Schüler/in erwähnte auch, bei der Theorie Internetrecherchen durchgeführt zu haben, ein anderer erwähnte explizit, dass das Recherchieren im Internet zu langwierig sei.

Obwohl die SchülerInnen an sich selbständig Arbeiten gewöhnt waren, war für sie vor allem neu und ungewohnt, dass sie nicht im Unterricht anwesend sein mussten, außer für die Praxisaufgaben im Labor und gelegentliche Class Meetings und dass die Phasen des selbständig Lernens so lang waren. Im Großen und Ganzen erlebten die SchülerInnen jedoch die von ihnen geforderte hohe Selbständigkeit als positiv. Einerseits hießen sie die freie Zeiteinteilung willkommen, da sie so Schwerpunkte in anderen Fächern setzen konnten, wo sie dringende Aufgaben in den Chemiestunden erledigen konnten. Andererseits konnten sie die Lernform frei wählen, also, ob sie alleine, in kleinen oder größeren Gruppen arbeiten wollten. Dies kam den individuellen Lerngewohnheiten entgegen. Dabei trat der Lehrer eher in den Hintergrund, obwohl er bei Fragen jederzeit anwesend und ansprechbar war.

Einige SchülerInnen hätten sich noch weniger Strukturierung durch den Lehrer gewünscht. Ein/e Schüler/in meinte z.B. es sei nervig, dass der Lehrer Feedback gebraucht habe, ob es alle verstanden haben. Andere SchülerInnen plädierten jedoch für stärkere Strukturierung und etwas kürzere Arbeitsphasen. Zwei SchülerInnen machten Vorschläge, wie die Phasen etwas stärker strukturiert werden könnten: am Ende eines Themenabschnittes könnte eine kleine Prüfung oder ein Test abgehalten

werden, der zweite Vorschlag waren Zwischenabgabetermine für Teile des Assignments.

Drei SchülerInnen kritisierten die Assignments inhaltlich: das 1. Assignment wäre vom Thema her nicht viel Neues gewesen und sei etwas zu leicht gewesen, ein zweiter SchülerInnen kritisierte, dass die Materie sehr komplex und schwer war. Ein dritter Schüler hätte sich mehr Praxis gewünscht, die Konsequenz wären aber weniger Möglichkeiten zur freien Zeiteinteilung gewesen.

Die freie Zeiteinteilung barg für die SchülerInnen die größten Tücken. Viele SchülerInnen beschrieben Probleme mit dem Zeitmanagement. Die Selbsteinteilung und Selbstorganisation verlange viel von den SchülerInnen und ginge nur, wenn ganz viel Motivation da sei. Wenn die SchülerInnen nur in den Schulstunden gearbeitet hätten, wären sie nicht fertig geworden. In der letzten Stunde hätten alle SchülerInnen am Assignment gearbeitet, weil alle unter Zeitdruck waren. Ein Problem war die Zeiteinteilung im Labor, da dieses nur zu bestimmten Zeiten verfügbar war. Ein/e Schüler/in kritisierte, dass sich die anderen gegen Ende zu sehr von denen helfen ließen, die sich alles kontinuierlich selbst erarbeitet hatten.

Ein Problem, das mehrere SchülerInnen erwähnten, war, dass die Osterferien das zweite Assignment unterbrechen. Dadurch wurde das Gesamtprojekt in die Länge gezogen. Außerdem empfanden viele SchülerInnen das zweite Assignment insgesamt zu lange. Bei nochmaliger Durchführung würden sich die meisten SchülerInnen Assignments in der Länge von 2-3 Wochen wünschen.

Bezüglich des Lerninhaltes betonten einige SchülerInnen, dass das Lernerlebnis besonders intensiv war und der ganze Stoff hängen geblieben wäre. Die SchülerInnen konnten die Aufgaben erst lösen, wenn sie den Stoff verstanden hätten. Selbständiges Lernen dauerte zwar länger, aber man merke sich den Stoff besser, ein anderer fasste zusammen, dass das Lernen zwar langsamer aber dafür langfristiger sei. Zwei SchülerInnen sahen die Dalton-Phasen aber sowohl positiv als auch negativ: Wenn das Interesse am Stoff vorhanden sei, dann wecke es die Dalton-Phase weiter, sie kann aber auch demotivierend sein, wenn man etwas nicht versteht. Ein/e Schüler/in betonte, dass in den Dalton-Phasen intellektuell höhere Leistungen erbracht würden.

Ein anderer Schüler beschrieb vier Faktoren für eine erfolgreiche Durchführung von Dalton-Phasen:

- gutes Zeitmanagement
- selbständiges Arbeiten
- Grundinteresse
- bestimmtes Vorwissen/Grundwissen

Die Dalton-Phasen könnten auch einen positiven Einfluss auf die Gruppe oder Schulklasse haben, indem die Zusammenarbeit untereinander verbessert werden könnte.

Alle SchülerInnen waren sich einig, dass die Dalton-Phasen eine gute Ergänzungsform des normalen Unterrichts seien, sich aber nicht gut als Unterrichtsform an sich eignen würden.

5.4.3 Persönliches Lernverhalten: Arbeitsformen, Umgang mit Selbständigkeit

Die SchülerInnen begrüßten, dass sie im Projekt die Möglichkeit hatten, ihr eigenes Arbeitstempo zu wählen und ob sie alleine, in Kleingruppen oder in Großgruppen arbeiten wollten. Einige experimentierten mit diesen Lernformen auch während des Projektes. Während einige SchülerInnen alleine arbeiteten, beschrieben viele SchülerInnen, dass sie in Gruppen arbeiteten, auch wenn durch das unterschiedliche Arbeitstempo die Aufgaben nicht parallel gelöst wurden. In der Gruppe konnte man diskutieren und wenn man nicht weiter wusste, rasch jemanden anderen fragen, der die Aufgabe schon erledigt hatte. Die Arbeit wurde selten in den Chemiestunden erledigt, manchmal in anderen Freistunden, häufig auch am Abend bei Starbucks oder ähnlichen Schülertreffpunkten. Die meisten SchülerInnen haben, auch auf Grund dringender Aufgaben in anderen Fächern, die Assignments eher in großen Portionen abgearbeitet, nur wenige haben kontinuierlich und dafür kürzer daran gearbeitet. Ein Schüler beschreibt, dass er ohne die Arbeitsgemeinschaft, in der er gearbeitet hat, die Assignments nicht so gut geschafft hätte, weil er den Anreiz der anderen gebraucht habe, an dem Assignment zu arbeiten. Eine andere Schülerin beschreibt ebenfalls, dass sie beim Lernen Druck von außen gebraucht habe. Sie habe nämlich während aller Chemiestunden andere Fächer besucht und die Assignments zu Hause gemacht. Dann habe sie aber den Aufwand unterschätzt und kurz vor dem Abgabetermin sehr intensiv gearbeitet, um fertig zu werden. Drei SchülerInnen beschrieben, dass sie sich die Zeit beim ersten Assignment nicht gut eingeteilt haben, beim 2. Assignment aber viel genauer den Arbeitsaufwand eingeschätzt haben, besser geplant haben und das 2. Assignment zeitlich besser erledigt haben. Die SchülerInnen haben also aus Erfahrung gelernt. Ein/e Schüler/in betonte, dass die SchülerInnen untereinander mehr gefragt hätten als sonst, dass sie aber nicht gegenseitig abgeschrieben hätten, sondern Ergebnisse verglichen und auf Fehler aufmerksam gemacht hätten. Ein einziger Schüler kritisierte, dass einige der Mitschüler die Assignments teilweise zu lange aufgeschoben hätten und sich am Ende zu sehr von denen helfen ließen, die sich alles kontinuierlich selbst erarbeitet hatten.

5.4.4 Die Rolle des Lehrers

Im Lauf der Interviews erwähnten viele SchülerInnen die veränderte Rolle des Lehrers in dem Projekt. Er war zwar weiterhin Ansprechperson, leitete die Experimente, hielt hin und wieder einen kleinen Vortrag und zog Zwischenbilanz, insgesamt trat er jedoch stark in den Hintergrund. Einige SchülerInnen hatten den Eindruck, dass sich der Lehrer zu wenig gebraucht vorkam. Während der Lehrer in den Hintergrund rückt, rücken die Mitschüler in den Vordergrund. Die SchülerInnen hätten sich das meiste selbst beigebracht, nur wenn sich jemand gar nicht ausgekannt hätte, habe er den Lehrer gefragt, das ist 1-2 Mal vorgekommen, dieser Schüler hat es dann den anderen erklärt. Bei einigen SchülerInnen klang durch, dass sie zu stolz gewesen wären, zum Lehrer zu gehen und ihn zu fragen, weil das ein Eingeständnis gewesen wäre, dass man die Aufgabe alleine nicht geschafft habe.

Ein/e Schüler/in fasste die Rolle des Lehrers so zusammen: Die Dalton-Pädagogik sei gleichzeitig ein Segen und eine Gefahr: das Verhältnis Lehrer-Schüler könne lockerer werden, es gebe nicht so harte Fronten, aber die SchülerInnen sähen den Lehrer seltener und der Lehrer habe nicht mehr diesen prägenden Einfluss. Ein anderer Schüler betonte, dass der menschliche und kommunikative Aspekt des Unterrichts in den Hintergrund rücke.

5.4.5 Verhältnis Theorie und Praxis

Theorie und Praxis wurden in kleinen Portionen frontal vermittelt, diese waren aber nicht ausreichend, um die Aufgaben zu lösen. Dadurch mussten sich die SchülerInnen viel im Selbststudium aneignen. Von den Punkten war es Halb-halb aufgeteilt, aber vom Arbeitsaufwand war die Theorie zwei Drittel und die Praxis ein Drittel. Drei SchülerInnen betonten, dass die Experimente halfen, sich die Theorie besser zu merken, sie bewirkten gleich viel wie eine Wiederholung der Theorie bzw. illustrierten, was passierte und warum das passierte. Ein/e Schüler/in betonte die Wechselwirkung von Theorie und Versuchen: Durch die Versuche würde man draufkommen, wie man die Theorie anwendet, durch die Theorie waren die Experimente klarer.

Ein praktisches Problem gab es bei den Versuchen jedoch, nämlich die Anwesenheit. Bei einer Schülerin war dies wegen Überbuchung problematisch. Ein anderer Schüler betonte, dass die Zeiteinteilung beim praktischen Teil besonders wichtig war, da man sich die dafür nötige Theorie vorher aneignen musste. Das habe das Ganze aber auch kontrollierter gemacht.

5.4.6 Interesse/Motivation an Chemie gehoben?

Bei allen SchülerInnen ist das Interesse hoch, da sie ja freiwillig Chemie als Vertiefungskurs gewählt haben. Bei sechs der zehn SchülerInnen hat sich das Interesse am Fach durch das Projekt aber nicht verändert, vier stellten einen leichten Interessenzuwachs fest. Ein Schüler beschreibt, dass er dadurch neugieriger wurde, ein zweiter Schüler erklärt, dass er durch die Wiederholung der Grundlagen am Anfang des Stöchiometrieassignments ein besseres Verständnis der Materie gewonnen habe, eine Schülerin behauptet, das Projekt habe teilweise ihre Motivation und ihr Interesse am Fach gehoben, Chemie interessiere sie jetzt allgemein, z.B. auch beim Zeitung Lesen, weil sie sich mehr selbst damit beschäftigt hat.

5.4.7 Anwendung von Daltonphasen in anderen (naturwissenschaftlichen) Fächern

Alle SchülerInnen stimmten überein, dass Dalton-Phasen in allen naturwissenschaftlichen Fächern durchgeführt werden könnten, einige behaupteten, dass diese Lernform auch in anderen Fächern möglich sei. Ein anderer Schüler argumentierte, dass Dalton-Phasen eine ziemlich klare Struktur erforderten und daher im Sprachenunterricht nicht vorstellbar wären. Ein Schüler argumentierte, dass sich bestimmte Themen für Daltonphasen besser eignen, z.B. Explosionsstoffe in Chemie oder Morde in der Literatur, da durch das selbständige Arbeiten das Thema besonders das Interesse der SchülerInnen wecken muss. Alle SchülerInnen waren sich einig, dass Dalton-Phasen eine interessante Abwechslung seien, dass sie aber nicht ausschließlich

eingesetzt werden sollten. Mangelnde Erfahrung der Lehrer verhindere dies aber sowieso, außerdem müsste das ganze Schulsystem geändert werden. Einige SchülerInnen erwähnten die praktischen Probleme, die Dalton-Phasen in mehreren Fächern mit sich bringen könnten: ein besonders hoher Arbeitsaufwand und Probleme mit dem Stundenplan. Die Dalton-Phasen sollten also zeitlich versetzt sein. Einige SchülerInnen betonten außerdem, dass sich Dalton-Phasen eher für die Vertiefungskurse eignen, weil da die Motivation der SchülerInnen besonders hoch sei.

5.4.8 Besonders geeignet für Hochbegabte oder in allen Schultypen möglich?

Die Antworten auf diese Frage fielen höchst unterschiedlich aus. Viele SchülerInnen meinten, ausschlaggebend sei nicht die Hochbegabung, sondern die Motivation der SchülerInnen und die Eigenverantwortung. Andere meinten, dass diese Eigenschaften indirekt mit Hochbegabung zusammen hingen. Begabte SchülerInnen wären motivierter und eigenverantwortlicher, also im Vergleich zu RegelschülerInnen persönlich reifer.

Während einige SchülerInnen meinten, die Dalton-Phasen wären wegen der Motivation der SchülerInnen besonders gut für Vertiefungskurse geeignet, betonten andere, dass gerade die RegelschülerInnen Dalton-Phasen noch interessanter fänden, weil sie mehr Frontalunterricht gewöhnt wären und diese Art des Unterrichts für sie neu wäre und daher eine willkommene Abwechslung. Eine dritte Meinung war, dass Dalton-Phasen unter der Bedingung im Regelschulsystem eingesetzt würden, wenn diese ein Kurssystem hätte. Dann könnten die Dalton-Phasen auch dort in den Vertiefungskursen angewandt werden.

Eine dritte Argumentationslinie betraf Individuum vs. Schulklasse. Ein/e Schüler/in meinte, die Eignung sei schülerspezifisch, ein zweiter behauptete, dass Dalton-Phasen die Starken stärkten und die Schwachen schwächten. Zwei SchülerInnen behaupteten hingegen, dass die Einzelmotivation nicht so wichtig wäre, sondern die klassenspezifische Lernkultur. Ein/e Schüler/in charakterisierte die Klassengemeinschaft als Nährboden für das Projekt, außerdem müssten die SchülerInnen gefragt werden, ob sie so ein Projekt überhaupt wollen.

6 REFLEXION UND AUSBLICK

Der Eindruck während der Daltonphasen, die mündlichen feedbacks und die Ergebnisse der internen und externen Evaluation decken sich weitgehend. Durch Durchführung des Unterrichts mit Assignments auf Basis des Dalton-Plans war sehr erfolgreich und hat Vor- und Nachteile wie auch Grenzen aufgezeigt.

Erfahrungsberichte der Anwendung des Daltonplans zeigen Erfolge bei der Förderung der SchülerInnen in leistungsmäßig heterogenen Gruppen (Hauptschule, Handelsschule).¹⁵ Die Eignung für hochbegabte SchülerInnen und der Förderung von deren Begabungen ist nunmehr auch indiziert. Die Rückmeldungen der SchülerInnen zeigen dies sehr eindrücklich.

Die **Auswertung der Evaluation hat gezeigt**, dass durch die Methodik folgende Aspekte **gefördert werden**

- Selbstständigkeit
- Zeitmanagement
- Teamarbeit
- Lernen durch Lehren
- Eigenaktivität und Kreativität
- Eigenmotivation

Weitere Vorzüge sind:

- Stärkere Individualisierung des Lernvorgangs
- Die Auseinandersetzung mit der eigenen Begabung/den eigenen Begabungen
- Forcierung des Interesses am Fach/an weiteren Themen
- Intensiveres Lernerlebnis
- Ev. Positiver Einfluss auf Gruppe im Hinblick auf Zusammenarbeit/Teamgeist (gemeinsam arbeiten und Erfolge erleben)

Vergleicht man die positiven Effekte mit den Kriterien für Hochbegabung (siehe Abschnitt 3.2) zeigt sich klar eine **sehr gute Eignung der Methodik für die Förderung der Hochbegabungen**.

¹⁵ I. MEYER: „Daltonplan-Unterricht mit Mathematik-Lernprogrammen in der Allgemeinen Hauptschule“ und G. NEUHAUSER/H. WITTEWERT: „Dalton an der österreichischen Handelsschule“, in S. POPP: Der Daltonplan in Theorie und Praxis, Studienverlag, Innsbruck-Wien, 1999

Demgegenüber stehen sicher auch **Tücken und Nachteile**:

- Länge der Assignmentphasen: die Planung der Phasen soll so erfolgen, dass keine Ferienzeiten hineinfallen. Dies verlängert die Phasen unnötig und unterbricht das kontinuierliche Arbeiten und wird daher als sehr unangenehm und belastet erlebt.
- Zu viele Inhalte in einem Assignment: zu umfangreiche Assignments können auch überfordern und brauchen mehr Selbstkonsequenz und Selbstmotivation.
- Fehlende Wiederholungsphasen: Manche SchülerInnen empfinden das eigenständige Lernen und Anwenden von Wissen ohne Wiederholungsphasen unangenehm. Durch Wiederholungsphasen (ev. Optional eingebaut) geben Sicherheit.
- Zurückgezogene Lehrerrolle: wird bei zu vielen Assignments als negativ empfunden. SchülerInnen schätzen vielfach auch eine stärkere kommunikative und pädagogische Ausrichtung durch einen im Zentrum stehenden Lehrperson.

Daltonphasen bereichern Unterricht und sind auch für begabte und vor allem für motivierte SchülerInnen von großem Vorteil. Die Durchführung des gesamten Kursunterrichts nach diesem Plan ist für die SchülerInnen aus jetziger Sicht nicht denkbar und nachteilig. Es wäre in einem nächsten Schritt interessant zu untersuchen, wie sich eine Ausweitung auf mehrere Kurse und auf weitere naturwissenschaftliche Fächer, auch mit Berücksichtigung von fächerübergreifenden und fächerverbindenden Arbeitsphasen auswirken würde. Möglicherweise gibt es Synergien und der eine oder andere Nachteil wird ausgemerzt, wie etwa das Problem der eingeschränkt zur Verfügung stehenden Labzeiten. Die Verknüpfung verschiedener Jahrgangskurse (jüngere, ältere, bessere, schwächere) zu Daltonphasen könnte zusätzliche Vorteile bieten und neue Aspekte im Hinblick auf die Sozialkompetenz eröffnen. Ein entsprechender Projektplan ist in Ausarbeitung, der Antrag zur Förderung via MNI wurde gestellt.

Ich als Lehrperson habe die Arbeit in den Daltonphasen als sehr angenehm empfunden. Es bleibt mehr Zeit für individuelle Betreuung von SchülerInnen und deren Interessen, die Managementrolle und die pädagogische Arbeit stehen im Vordergrund. Die Möglichkeit der Wissensvermittlung über Vortragsarbeit bleibt trotzdem bestehen (lectures) und wird vor allem dann bereichert, wenn SchülerInnen diese Phasen als Zusammenfassung ihrer Selbsterarbeitungsphase erleben, weil dann gleichzeitig Klarstellungen schwierigerer Zusammenhänge im Themenbereich erfolgen können. Als Lehrperson steht man in den Daltonphasen wesentlich stärker auf Seiten der Lernenden, ein Blickwinkel, der in einer traditionelleren Lehrerrolle auch zu kurz kommen kann.

7 ANHANG

7.1 Assignment „Stöchiometrie“

Plan

Name:	
Kurs:	Vertiefungskurs Chemie 7. Klasse
Assignment:	Stöchiometrie
Umfang:	3 Arbeitswochen

Conferences:

Datum	Inhalt
28.1.2005	Einführung in die Stöchiometrie
18.2.2005	Gravimetrie

„Contract graph“

1. Woche	28.1.		Class meeting, Conference
2. Woche			
	18.2.		Class meeting, Conference
3. Woche	23.2.		Class meeting

Stöchiometrie

Lernzweck und Lernziele:

Die Stöchiometrie ist ein Teilgebiet der Chemie, das sich mit Berechnungen rund um chemische Reaktionen und Zusammensetzung von Verbindungen sowie mit Konzentrationsberechnungen beschäftigt. (griech. Stoicheion – Grundstoff, metron – Maß) Damit kann man aus Messergebnissen die Formeln von Verbindungen ermitteln oder prozentuale Zusammensetzungen von Verbindungen ermitteln. Außerdem ist es möglich, zu berechnen, welche Mengen an Stoffen sich bei bestimmten chemischen Reaktionen umsetzen und wie hoch die Ausbeute eines gewünschten Stoffes bei einem bestimmten chemischen Prozesses ist. Dies ist sowohl bei der industriellen Produktion von Stoffen in der Wirtschaft, wie etwa bei der Metallherstellung (Al, Fe) oder bei der Produktion von Arzneimitteln, wichtig. Auch bei der Synthese eines Stoffes im Labormaßstab muss die Ausbeute berechnet werden. Große Bedeutung hat das Wissen der Stöchiometrie für die Auswertung von quantitativen chemischen Analysen.

Nach Abschluss dieses Themengebietes solltest du folgende Kenntnisse, Fertigkeiten und Fähigkeiten haben:

- Folgende Begriffe definieren und deren Bedeutung erklären: Molekülformel, empirische Formel, Mol, Avogadro-Zahl, Stoffmengenkonzentration (Molarität)
- Ionenformeln bilden können
- Stoffmengenberechnungen durchführen können
- Die Anzahl von Atomen oder Molekülen in einer bestimmten Masse eines Stoffes berechnen können
- Den Massenanteil eines Elementes in einer Verbindung mit gegebener Formel berechnen können
- Umsatzberechnungen durchführen können
- Die empirische Formel einer Verbindung aus gegebenen Massenanteilen berechnen können
- Reaktionsgleichungen abstimmen können (Ausgleichen von Reaktionsgleichungen)
- Die Reaktionsgleichung einfacher Verbrennungsprozesse formulieren können
- Stoffmengenkonzentrationen und Massenkonzentrationen ineinander umrechnen können
- Eine bestimmte Menge einer Lösung mit genauer Stoffmengenkonzentration herstellen können
- Eine gravimetrische Analyse durchführen können
- Durchführung einer einfachen chemischen Synthese im Labormaßstab und Berechnung der Ausbeute

Arbeitsprogramm

Für die Bearbeitung des gesamten Themas stehen dir drei Wochen (Wert von 12 Unterrichtseinheiten UE) zur Verfügung. Es kann in den stundenplanmäßigen Stunden und/oder in den Labstunden gearbeitet werden. Du kannst alleine oder in kleinen Gruppen arbeiten. Die gesamte Arbeit ist in 6 Einheiten geteilt. Sobald du eine (oder mehrere) Einheit(en) abgeschlossen hast - Abgabe der Aufgaben oder Protokolle in schriftlicher Form – trägt der Lehrer dies in deinen Plan ein. Dadurch kannst du deinen Arbeitsfortschritt selbst kontrollieren. Für die Eintragung musst du zumindest die als Fundamentum gekennzeichneten Aufgaben erledigt haben.

Am Anfang jeder Arbeitswoche findet ein sogenanntes „Class meeting“ statt. Bei diesem Meeting herrscht Anwesenheitspflicht. Die Termine sind aus dem Plan ersichtlich. Es dient zur Abklärung organisatorischer Fragen und zur Besprechung der Arbeitsfortschritte.

Am Beginn dieses Assignments sowie an einem weiteren Termin, der ebenfalls aus dem Plan ersichtlich ist, finden sogenannte „Conferences“ statt. In diesen Stunden findet jeweils ein Lehrervortrag zu einem Teilthema statt.

Die Class meetings und die Conferences dauern nicht notwendigerweise eine ganze Unterrichtsstunde.

Die Einheiten im Einzelnen:

Die Kapitel- und Seitengaben beziehen sich auf das Lehrbuch von Mortimer.

1. *Moleküle, Ionen, Empirische Formeln, Molkonzeption*: Bearbeiten von Kapitel 3.1 bis 3.3. Anschl. Lösen folgender Übungsaufgaben S.35:

Fundamentum: 3.1, 3.2, 3.6 a-c

Wie viele P_4 -Moleküle sind in 124g weißem Phosphor enthalten?

a) $6,0 \cdot 10^{23}$ b) $1,2 \cdot 10^{24}$ c) $3,0 \cdot 10^{23}$ d) $1,5 \cdot 10^{23}$

Addendum: 3.4, 3.5 a-c, 3.11

2. *Zusammensetzung von Verbindungen, Elementaranalysenberechnungen*: Bearbeiten von Kapitel 3.4 und 3.5. Anschl. Lösen folgender Übungsaufgaben S.35 bzw. 36:

Fundamentum: 3.16, 3.18, 3.27a,c

Addendum: 3.23, 3.31 sowie

Silikate sind Verbindungen aus Si und Sauerstoff O, die die folgenden sich wiederholenden Einheiten enthalten (x, y und n sind ganzzahlig): $[Si_xO_y]^n$.

a) Wie errechnet sich n aus x und y ganz allgemein (man verwende die theoretische Ladungszahl für Si bzw. O in Verbindungen – Oxidationszahl)?

b) Es gibt vier Typen dieser sich wiederholenden Einheiten, die polymer vorliegen. In der folgenden Tabelle sind die Massenanteile an Si in diesen Typen angegeben. Tragen Sie die richtigen Werte für x, y und n in die Tabelle ein!

	Typ 1	Typ 2	Typ 3	Typ 4
% (w/w) Si	36,9	41,3	39,0	46,8
x				
y				
n				

c) Der 5. Verbindungstyp leitet sich vom Typ 4 ab, wobei jedes vierte Si-Atom durch ein Al-Atom ersetzt wird. Wie lautet die Formel der sich wiederholenden Einheit?

3. *Chem. Reaktionsgleichungen und Ausbeuteberechnungen*: Bearbeiten von Kapitel 4.1, 4.2 und 4.3. Anschl. Lösen folgender Aufgaben S. 45:

Fundamentum: 4.1 a, d, h und 4.3

Addendum:

Ein neuer Schlüssel hat eine Masse von 15.0g. Nach einigen Jahren Verwendung im Garten besitzt er eine Masse von 18.0g. Welche Masse Eisen wurde in Rost $\text{FeO}(\text{OH})$ umgewandelt?

4. *Lösungskonzentrationen*: Bearbeiten von Kapitel 4.4 und anschl. Lösen folgender Aufgaben S. 46:

Fundamentum: 4.12 a,c , 4.14 a und 4.16

Addendum:

1. Von einer Schwefelsäure unbekannter Konzentration wurden 20,00mL abpipettiert, danach wurde die Säure vollständig mit Bariumchlorid als Bariumsulfat gefällt. Nach dem Glühen erhielt man genau 0,5684g des Niederschlages.
 - a) Formulieren Sie die Reaktionsgleichung!
 - b) Welche Molarität (Stoffmengenkonzentration) hatte die Schwefelsäure und welche Masse befanden sich in 10,00 mL der ursprünglichen Probe?
2. Konzentrierte Salpetersäure enthält 65,0 % (w/w) HNO_3 und hat eine Dichte von $\rho = 1,41\text{gml}^{-1}$. Welche Stoffmengenkonzentration hat diese Säure?

5. EXP:

- a) Herstellen einer Nickelsalzlösung genauer Stoffmengenkonzentration:

Stelle 100,0 ml Lösung von Nickel(II)-sulfathexahydrat der Konzentration $c = 0,100\text{ mol/L}$ her! Die Genauigkeit der Konzentration kannst du durch gravimetrische Analyse kontrollieren!

- b) Gravimetrische Analyse der hergestellten Nickelsalzlösung
Siehe Anleitung im Anhang!

6. EXP: Synthese von Eisen(II)-oxalat und Ausbeutebestimmung
Siehe Anleitung im Anhang!

Anhang 1:

GRAVIMETRIE

Benutzt zur quantitativen Bestimmung die Massenbestimmung eines Reaktionsproduktes einer Fällungsreaktion. Der zu bestimmende Bestandteil der Analysensubstanz wird in eine schwerlösliche Verbindung übergeführt.

Bedingungen:

- Gültigkeit der stöchiometrischen Gesetze
- Streng definierte Zusammensetzung des Niederschlags (Fällungsform) bzw. Umwandlung in eine geeignete Wägeform
- Bildung eines schwerlöslichen Niederschlags
- Schnelle und vollständige Abtrennung des Niederschlags von der Lösungsphase
- Niederschlag muss für den interessierenden Bestandteil der Analysensubstanz unter den gewählten Bedingungen spezifisch sein

Anwendungsbereich:

mg-Bereich. Eignet sich für mittlere und hohe Probengehalte. Ein- und Auswaage sollen dabei nicht wesentlich größer als 200mg sein.

Vorteile

Geringer apparativer Aufwand, keine Eichung der Geräte nötig, hohe Präzision.

Nachteile

Relativ zeitaufwendig, nicht für Serienanalysen geeignet, nicht automatisierbar.

Fehlergrenze

+/- 0,1%

Ursachen für systematische Fehler:

Verwendung unreiner Reagenzien, Verspritzen von Lösung durch unvorsichtiges Hantieren, ungeeignetes Filtermaterial, Nichtbeachtung der Löslichkeitsbeeinflussung, Verwendung von zu viel oder zu wenig Waschflüssigkeit oder auch Wägefehler.

Anhang 2:

Gravimetrische Nickelbestimmung

Nickel-Ionen werden in ammoniakalischer Lösung als Diacetyldioximnytonickel-Komplex gefällt und gewogen.

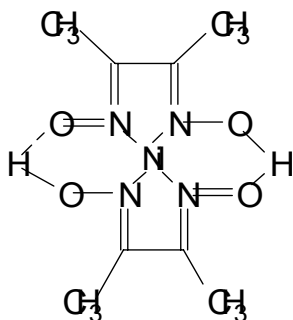
Geräte: 200ml Erlenmeyerkolben, 250ml Becherglas, 50ml Messzylinder, 10ml Vollpipette, Glasfiliertiegel, Saugflasche, Guko, Vakuumschlauch, Wasserstrahlpumpe, Trockenschrank, Exsiccator, Spatel, Glasstab, ev. Gummiwischer, Trockenschrank (115°C), Waage, Stativ mit Ceranplatte und Ceranplattenhalterung, Brenner

Chemikalien: Nickelsulfatlösung $c=0,1\text{mol/L}$, v. Ammoniaklösung, v. Salzsäure, 1% Diacetyldioximlösung in Ethanol, Indikatorpapier

$M(\text{Dmg})=116\text{g/mol}$; $M(\text{Ni-Dmg}_2)=289\text{ g/mol}$

Es bildet sich ein planarer Komplex, bei dem ein Nickel mit zwei Dmg (2 zähliger Ligand) koordiniert und pro Dmg ein H^+ abgespalten wird.

Konstitutionsformel des Komplexes:



Arbeitsvorschrift:

1. Leeren Glassintertiegel tariieren.
2. 10,00 ml der Nickelsalzlösung in den Erlenmeyerkolben pipettieren, mit etwas Deionat verdünnen und zum Sieden erhitzen. Mit wenig Salzsäure ansäuern und mit ca. 20ml Dmg-Lösung versetzen. Dann unter dauerndem Rühren verdünnte Ammoniaklösung zusetzen bis die Lösung schwach nach Ammoniak riecht (oder das Universalindikatorpapier alkalisch reagiert).
3. Die Fällung wird etwa eine Viertelstunde stehen gelassen. Die noch lauwarme Lösung wird dann mit Hilfe des tariierten Filtertiegels abgesaugt und mit lauwarmem Wasser gewaschen und schließlich bei 115°C eine Stunde im Trockenschrank getrocknet.
4. Nach dem Abkühlen im Exsiccator wird der Filtertiegel gewogen und die Nickelmenge bzw. -masse berechnet.

Anhang 3:

Darstellung von Eisen(II)-oxalat

Geräte: 200ml Erlenmeyerkolben, 2 Stk. 100ml Becherglas, Spatel, Waage, Glasstab, Stativ mit Ceranplatte und Ceranplattenhalterung, 50ml Mensur, Thermometer, Brenner, Tropfpipette, Glasfiltertiegel, Saugflasche, Guko, Wasserstrahlpumpe, Vakuumschlauch, Waage

Chemikalien: Schwefelsäure $c = 2 \text{ mol/L}$, Oxalsäure-Dihydrat, Ammoniumeisen(II)-sulfat, Aceton

Durchführung:

1. Mische 1ml Schwefelsäure mit 25ml Deionat. Löse darin 8g Ammoniumeisen(II)-sulfat.
2. Löse 5g Oxalsäure-Dihydrat in 30ml Deionat. Gib diese Lösung zur Lösung aus 1. langsam zu. Erhitze zum Sieden.
3. Der gelbe Niederschlag wird abgesaugt, mit heißem Wasser gewaschen. Danach noch mit wenigen, kleinen Portionen Aceton gewaschen und an der Luft getrocknet

Es ist die Ausbeute bezogen auf die Eisensalzeinwaage!

7.2 Assignment „Thermochemie“

Thermochemie

Lernzweck und Lernziele:

In diesem Themengebiet befasst du dich mit den Anwendungen der Thermodynamik in der Chemie, d.h. mit energetischen Aspekten bei chemischen Reaktionen einerseits und mit dem Ablauf von chemischen Reaktionen aus mechanistischer Sicht, d.h. wie schnell Reaktionen ablaufen und wovon dies beeinflusst wird bzw. werden kann. Es wird dir nun bereits klar sein, dass es sich hier um einen Bereich handelt, der sehr stark mit der Physik zusammenhängt, ist doch die Thermodynamik im Prinzip ein Teilgebiet der Physik. Man ordnet dieses Themengebiet demnach auch der physikalischen Chemie zu. Wir werden nicht allzu tief in dieses Gebiet vordringen, obwohl du dich natürlich auch selbständig im Rahmen der zur Verfügung stehenden Zeit bei Interesse vertiefen kannst oder vielleicht auch im Rahmen deines Physikunterrichts Möglichkeiten des fächerverbindenden Arbeitens entwickelst.

Jedenfalls solltest du nach Abschluss dieses Themengebietes folgende Kenntnisse, Fertigkeiten und Fähigkeiten haben:

- Folgende Begriffe definieren und deren Bedeutung erklären können: Hauptsätze der Thermodynamik, Innere Energie, Reaktionsenergie, Reaktionsenthalpie, Bildungsenthalpie, Bindungsenthalpie (Bindungsenergie), Standardenthalpie (jeweils), Entropie, freie Enthalpie, Reaktionsgeschwindigkeit, Reaktionsordnung, Aktivierungsenergie, Katalysator,
- Enthalpieberechnungen durchführen können
- Den Hess'schen Satz anwenden können
- Die Standardbildungsenthalpie von Verbindungen aus Standardbindungsenergien berechnen können
- Mit der Gibbs-Helmholtz-Gleichung rechnen können
- Verschiedene Arten von Enthalpien nennen können und Anwendungsbeispiele wissen
- Entscheiden können, wann bzw. unter welchen Bedingungen chemische Reaktionen spontan ablaufen
- Die Reaktionsordnung aus Experimentaldaten bestimmen können
- Das Prinzip einer Katalyse erläutern und Beispiele aus der Praxis nennen können

Arbeitsprogramm

Für die Bearbeitung des gesamten Themas stehen 4 Arbeitswochen (16 Unterrichtseinheiten) zur Verfügung. Es kann in den stundenplanmäßigen Stunden und/oder in den Labstunden gearbeitet werden. Du kannst alleine oder in kleinen Gruppen arbeiten. Die gesamte Arbeit ist in 12 Einheiten eingeteilt. Jede Woche solltest du daher ca. 3 Einheiten bearbeiten. Sobald du eine oder mehrere Einheiten abgeschlossen hast (Abgabe der Berechnungen bzw. Protokolle in schriftlicher Form) trägt der Lehrer dies in deinen Plan und seinen „Lab Graph“ ein. Dadurch kannst du auch selbst deinen Arbeitsfortschritt kontrollieren. Für einen positiven Abschluss des Assignments müssen jedenfalls die Fundamentumaufgaben erledigt sein. Für ein Sehr Gut sind auch die Addentumaufgaben in der beschriebenen Menge abzugeben.

Es findet jede Woche ein „Class meeting“ statt. Dabei ist Anwesenheitspflicht. Die Termine entnimmst du deinem Plan. Es dient zur Abklärung organisatorischer Fragen und Besprechung der Arbeitsfortschritte. Außerdem ist es eine feedback-Möglichkeit.

Zusätzlich gibt es Conferences, die Lehrervorträge oder eine konferenzartige Arbeitsphase sein können. Das Thema und die Anwesenheitspflicht entnimm bitte dem Plan.

Das gesamte Themengebiet (12 Einheiten) ist in drei große Teile gegliedert:

1. Teil: Energetische Aspekte bei chemischen Reaktionen
2. Teil: Spontan und nicht spontan ablaufende Reaktionen
3. Teil: Kinetik von Reaktionen

Die Einheiten im Einzelnen:

Einheit 1 (Fundamentum):

„Der erste Hauptsatz und seine Anwendung in der Chemie“ – Lehrervortrag
(Skriptum liegt dem Assignment bei; Zusatzinformation zum Selbststudium Kapitel 5 im Mortimer)

Lösen folgender Aufgaben:

- a) Mortimer Bsp. 5.8
- b) Mortimer Bsp. 5.10

Einheit 2:

Fundamentum:

a) Mortimer Bsp.5.17

b) Die Verbrennungsenthalpie ($\Delta_r H^\ominus$) und die Standardbildungsenthalpie ($\Delta_B H^\ominus$) eines Treibstoffes kann durch Messung des Temperaturanstieges in einem Kalorimeter gemessen werden, wenn man den Treibstoff in Sauerstoff verbrennt.

0,542 g Isooctan werden in einem „Bombenkalorimeter“ (Kalorimeter mit konstantem Volumen) platziert, das von 750 g Wasser mit 25,00°C umgeben ist. Die Wärmekapazität des Kalorimeters ohne das Wasser wurde in einem separaten Eichversuch mit 48,0 J/K bestimmt.

Wenn man die gegebene Masse an Isooctan vollständig verbrennt, steigt die Temperatur des Wassers auf 33,22°C. Die spezifische Wärme von Wasser beträgt 4,186 J/g.K.

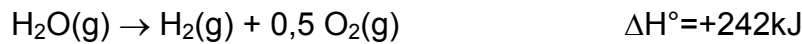
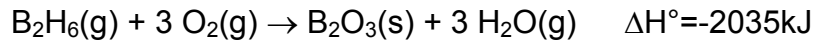
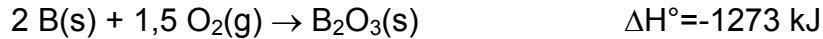
$$\Delta_B H^\ominus(\text{CO}_2, \text{g}) = -393,5 \text{ kJ/mol}; \quad \Delta_B H^\ominus(\text{H}_2\text{O}, \text{l}) = -285,8 \text{ kJ/mol};$$

- Berechnen Sie $\Delta_r H^\ominus$ und $\Delta_r U^\ominus$ der Verbrennung von 1 mol Isooctan.
- Berechnen Sie $\Delta_B H^\ominus$ von 1 mol Isooctan.

Addendum:

a) Mortimer Bsp. 5.19

b) Diboran (B_2H_6) hat eine hohe Verbrennungswärme und wird daher als Raketentreibstoff getestet. Gegeben ist:



Schreibe die Gleichung für die Bildung von Diboran aus den Elementen an und berechne die Bildungsenthalpie für das Diboran.

Einheit 3 (Fundamentum):

Conference (Aufgaben werden am Beginn ausgegeben): Experimentelle und theoretische Aufgaben mit anschließender Präsentation!

Einheit 4:

Fundamentum:

a) Mortimer Bsp. 5.26

b) Arbeitsblatt: Berechnung von Standard-Bildungsenthalpien aus Verbrennungsenthalpien

Addendum:

Arbeitsblatt: Von der Bindungsenthalpie zur Bildungsenthalpie

Einheit 5 (Exp.+Theor.):

Fundamentum:

1. Aufgabe: Salzhydrate zur Wärmespeicherung

1. Führe die am Arbeitsblatt (erhältst du vom Lehrer im Labor) angegebenen Versuche durch und schreibe ein kurzes Protokoll!
2. Was versteht man unter Kristallwasser?
3. Stelle den Prozess für die Wärmespeicherung durch ein Salzhydrat in Form eines Kreisprozesses dar!

2. Aufgabe: Exotherme und endotherme Lösungsreaktionen

1. Führe die am Arbeitsblatt (erhältst du vom Lehrer im Labor) beschriebenen Experimente durch und halte deine Beobachtungen schriftlich fest!

2. Finde heraus (Literaturarbeit), warum sich manche Stoffe exotherm und andere endotherm in Wasser lösen! Verwende bei deiner schriftlichen Erklärung dieser Tatsache die Begriffe Hydratisierungsenthalpie, Gitterenergie und elektrolytische Dissoziation!

Addendum:

3. Aufgabe: Neutralisationsenthalpie

1. Führe die am Arbeitsblatt (erhältst du vom Lehrer im Labor) beschriebenen Experimente durch und schreibe deine Beobachtungen im Protokoll auf:
2. Vergleiche die verschiedenen Neutralisationsenthalpien! Halte deine begründete Erkenntnis auf dem schriftlichen Protokoll fest!

Einheit 6 (Fundamentum): 2. Hauptsatz und Anwendungen in der Chemie

Bearbeiten der Kapitel 19.3 bis 19.6 im Mortimer (Musterbeispiele beachten!)! Ein Exzerpt ist abzugeben!

Einheit 7:

Fundamentum:

- a) Mortimer Bsp. 19.8
- b) Mortimer Bsp. 19.10

Addendum:

Mortimer Bsp. 19.21

Einheit 8 (Fundamentum; Exp.):

Drei der angebotenen Experimente zu spontanen, endothermen Reaktionen sind durchzuführen. Protokoll!

Einheit 9:

Fundamentum:

- a) Grafit ist der Standardzustand für Kohlenstoff. $S^\circ(\text{Grafit}) = 5,694 \text{ Jmol}^{-1}\text{K}^{-1}$. Für Diamant ist $\Delta H_f^\circ = 1,895 \text{ kJmol}^{-1}$ und $\Delta G_f^\circ = 2,866 \text{ kJmol}^{-1}$. Wie groß ist die Entropie S° für Diamant? In welcher Kohlenstoffmodifikation ist die Ordnung größer?
- b) Der normale Siedepunkt von Ammoniak (l) beträgt $-33,4^\circ\text{C}$, wenn $\Delta H = 23,3 \text{ kJmol}^{-1}$. Berechne die Entropieänderung bei dieser Temperatur!
- c) Eines der drei Arbeitsblätter (Entropie in einer Miniatur-Welt; Pokern und Entropie, Rechnen mit der Gibbs-Helmholtz-gleichung)

Addendum:

Calciumcarbonat zersetzt sich beim Erhitzen.

- Schreiben Sie eine Gleichung für den Zersetzungsvorgang und einen Ausdruck für K_p dieser Reaktion an.
- Berechnen Sie die Temperatur, ab der sich das Gleichgewicht von der Edukt- auf die Produktseite verlagert, wenn sich der Kalk in einem offenen Gefäß befindet.
- Bei welcher Temperatur beginnt sich Kalk an der Luft zu zersetzen? Luft enthält 0,035% CO_2 .

	ΔH^\ominus_{298} (kJ/mol)	S^\ominus_{298} (J/K.mol)
CO_2 (g)	-394	214
CaO (s)	-636	40
CaCO_3 (s)	-1207	93
Luftdruck: $p = 1,013$ bar		

Nehmen Sie an, dass die kalorischen Daten nicht von der Temperatur abhängen.

Einheit 10 (Fundamentum):

Conference zur Erarbeitung der Geschwindigkeitsgesetze bzw. Reaktionsordnung chemischer Reaktionen.

- a) Mortimer Bsp. 14.1.
- b) Mortimer Bsp. 14.2.

Einheit 11:

Fundamentum:

- a) Arbeitsblatt: Reaktionsordnung der katalytischen Zersetzung von H_2O_2
- b) Was versteht man unter Katalyse? Welcher Unterschied besteht zwischen homogener und heterogener Katalyse? Nenne drei verschiedene Beispiele für katalysierte chemische Reaktionen (möglichst aus dem Alltag oder der Anwendungstechnik)!

Addendum: eine der beiden Aufgaben mindestens

Aufgabe 1

Brommethan kann in einer Substitutions-Reaktion mit OH^- reagieren.

a) Stellen Sie für diese Substitution eine abgestimmte Gleichung auf.

In der folgenden Tabelle sind die Anfangsgeschwindigkeiten der Reaktion zusammen mit den entsprechenden Anfangskonzentrationen von CH_3Br und KOH gegeben. Alle Experimente wurden bei 25°C durchgeführt.

	$c(\text{CH}_3\text{Br})$	$c(\text{KOH})$	v_o (mol/L.s)
1. Experiment	0,10 mol/L	0,10 mol/L	$2,80 \cdot 10^{-6}$
2. Experiment	0,10 mol/L	0,17 mol/L	$4,76 \cdot 10^{-6}$
3. Experiment	0,033 mol/l	0,20 mol/L	$1,85 \cdot 10^{-6}$

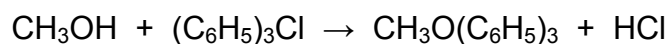
b) Bestimmen Sie die Reaktionsordnung in Bezug auf die einzelnen Ausgangsprodukte und die Gesamtordnung der Reaktion durch eine Rechnung.

c) Berechnen Sie die Geschwindigkeitskonstante der Reaktion.

d) Nach welcher Zeit wären beim 1. Experiment nur noch 0,05 mol/L KOH im Gefäß?

Aufgabe 2

Die folgende Reaktion wird bei 25°C in einer Lösung von Benzen, das 0,1 M Pyridin enthält, beobachtet:



Dabei beobachtet man die folgenden Daten:

	$c_0(\text{CH}_3\text{OH})$	$c_0((\text{C}_6\text{H}_5)_3\text{Cl})$	$c_0(\text{CH}_3\text{O}(\text{C}_6\text{H}_5)_3)$	Δt (min)	$c_t(\text{CH}_3\text{O}(\text{C}_6\text{H}_5)_3)$
(1)	0,100 mol/l	0,0500 mol/l	0,0000 mol/L	25,0	0,00330 mol/L
(2)	0,100 mol/l	0,100 mol/L	0,0000 mol/L	15,0	0,00390 mol/L
(3)	0,200 mol/l	0,100 mol/L	0,0000 mol/L	7,50	0,00770 mol/L

a) Welches Geschwindigkeitsgesetz stimmt mit den obigen Daten überein?

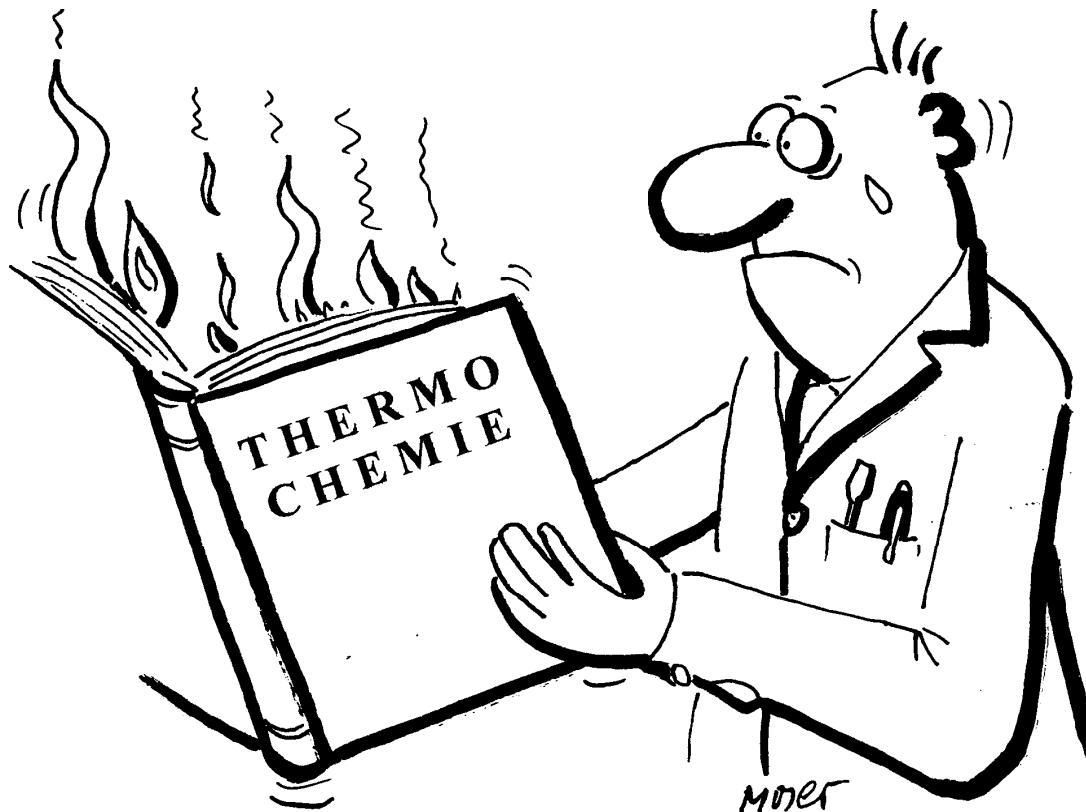
b) Berechnen Sie den Durchschnittswert für die Geschwindigkeitskonstante.

Einheit 12 (Fundamentum; Exp.):

Kinetik der Reaktion von Salzsäure mit Natriumthiosulfat – Versuchsvorschrift beim Lehrer.

Protokoll abgeben! Welcher Ordnung ist die Reaktion?

Skriptum – Chemische Thermodynamik¹⁶



¹⁶ Ausschnitt aus dem Chemieolympiade Thermodynamikskriptum von M. Kerschbaumer

Einführung – Allgemeine Bemerkungen

Die Thermodynamik ist ein Teilgebiet der Physik bzw. der physikalischen Chemie mit einem Umfang, der natürlich den Rahmen eines zweistündigen Vortrags bzw. den eines einige zehn Seiten umfassenden Skriptums sprengen muss. Es ist einfach unmöglich den Inhalt eines 300 bis 400 Seiten starken Buches in dieser Kürze umfassend darzustellen. In diesem Skriptum findet man daher jene wichtigen Teilgebiete dargestellt, die für den Unterricht in der Oberstufe (Sekundarstufe) der AHS bzw. im Wahlpflichtgegenstand (Leistungskurs) und in der Chemieolympiade relevant sind.

Historisch gesehen ist die Thermodynamik am Beginn des 19. Jahrhunderts als eigenständige Disziplin der Physik entstanden. Die Erkenntnisse der Wärmelehre haben die technologische und gesellschaftspolitische Entwicklung der Menschheit im 19. Jahrhundert ganz entscheidend beeinflusst. Das Optimieren von Wärmekraftmaschinen hat die industrielle Revolution eingeläutet. Eigenartig war auch die Tatsache, dass die Erfolge der Thermodynamik die Bereitschaft der Physiker der ersten Hälfte des Jahrhunderts eingeschränkt hat, die Theorie der Atome des John Dalton anzuerkennen, einfach, weil die Thermodynamik das Wissen um Atome nicht nötig hat. Sämtliche mathematischen Beschreibungen und Gesetze der Wärmelehre funktionieren auch ohne Annahme einer diskreten Teilchenstruktur. Man kann sich allerdings ohne Theorie von kleinsten Teilchen nur sehr schwer die wichtigsten Größen der Thermodynamik vorstellen. Erst die Kombination mit der Atomtheorie (statistische Thermodynamik – Ludwig Boltzmann) führt zu klareren Bildern.

Eine weitere bemerkenswerte Tatsache ist, dass die Zeit als Variable in der Thermodynamik nicht vorkommt. Die Thermodynamik ist eine Lehre von den Zuständen und Veränderungen derselben in einem System. Die genauen Kenntnisse über den Weg, der bei der Veränderung beschritten wird, sind nicht gefragt.

Das gesamte Gedankengebäude der Thermodynamik beruht letztendlich auf vier empirischen Aussagen, den Hauptsätzen der Thermodynamik. Die Nummerierung der vier Hauptsätze stimmt allerdings nicht mit der zeitlichen Position der Formulierung überein!

Am Beginn des 19. Jahrhunderts war man daran interessiert zu wissen, welche mechanische Arbeit man mit einer Dampfmaschine im besten Fall gewinnen könne. Die Arbeit von Sadi Carnot aus dem Jahr 1824 über den Wirkungsgrad einer idealen Dampfmaschine führte zur Formulierung des 2. Hauptsatzes. Erst danach erfolgte die Fassung des 1. Hauptsatzes als experimenteller Beweis (J. P. Joule, 1842) des allgemeinen Prinzips der Energieerhaltung (W. Helmholtz, 1847). Das Nernstsche Wärmetheorem der 3. Hauptsatz folgte danach (1906) und erst 1909 formulierte Caratheodory sein Theorem, das als 0. Hauptsatz bezeichnet wurde.

Die Hauptsätze wurden in verbaler Form ursprünglich in Form einer Verbots-Aussage formuliert (Tabelle 1):

	Verbale Formulierung	oder, ganz kurz
0. Hauptsatz	Sind zwei Systeme im thermischen Gleichgewicht mit einem dritten System, dann stehen sie auch untereinander im Gleichgewicht.	
1. Hauptsatz	Es ist unmöglich, eine Maschine zu konstruieren, die nichts anderes tut, als Arbeit zu verrichten.	Wärme kann in Arbeit verwandelt werden,
2. Hauptsatz	Es ist unmöglich, eine zyklisch arbeitende Maschine zu konstruieren, die nichts anderes tut, als Wärme in Arbeit zu verwandeln.	aber vollständig nur beim absoluten Nullpunkt,
3. Hauptsatz	Es ist unmöglich, durch eine endliche Zahl von Abkühlritten den Zustand $T = 0 \text{ K}$ zu erreichen.	der jedoch nicht erreicht werden kann.

Bevor wir mathematische Überlegungen anstellen, die die Chemiker benötigen, um Energie- und Gleichgewichtsverhältnisse bei chemischen Vorgängen zu beschreiben, sollen noch wichtige, in der Thermochemie immer wieder verwendete Begriffe erläutert werden.

Wichtige Begriffe – Zustandsfunktionen

In der Thermodynamik werden *Zustandsänderungen* beschrieben, das sind Änderungen eines (in einem) *Systems*. Ein System ist ein Teil unserer Welt, es kann *offen* sein, d.h. der Austausch von Materie und Wärme ist über seine Grenzen hinweg möglich (Beispiel: Halbzelle eines galvanischen Elementes). Es kann aber auch *geschlossen* sein, das bedeutet, dass nur der Wärme- aber nicht der Stoffaustausch möglich ist (Beispiel: ein Becherglas mit einer Lösung, in der sich eine Zustandsänderung abspielt). In einem *abgeschlossenen* System gibt es weder Energie- noch Stoffaustausch (Beispiel: Reaktion in einem Dewargefäß).

Bei einer Zustandsänderung ändern sich physikalische Größen, mit denen das System beschrieben wird. Dabei kann es sich um *extensive* oder *intensive Größen* handeln. Eine extensive Größe (Variable) hängt vom Umfang der Probe (Stoffmenge, Stoffmasse) ab, eine intensive Variable jedoch nicht.

Hier einige Beispiele (Tabelle 2):

Extensiv		Intensiv	
Masse	m	Druck	p
Volumen (*)	V	Temperatur (*)	T
Wärme	q	Dichte	ρ
Energie (*)	U	Wärmekapazität	C
Enthalpie (*)	H	Molwärme	C_V, C_p
Entropie (*)	S		
Freie Energie (*)	F		
Freie Enthalpie (*)	G		

Zwischen den Größen gibt es einen funktionalen Zusammenhang. In besonderen Fällen nennt man diese Größen Zustandsfunktionen, diese werden im

nächsten Punkt genauer beschrieben. Zustandsfunktionen sind in Tabelle 2 durch (*) markiert.

Verändert man Größen (Variable), so geschieht dies experimentell wie rechnerisch so, dass nur eine Variable verändert, die anderen konstant gehalten werden. Dafür gibt es meist aus dem Griechischen stammende Bezeichnungen (Tabelle 3):

Bezeichnung	verbal	mathematisch
isotherm	bei gleich bleibender Temperatur	$T = k; \Delta T = 0; dT = 0$
adiabatisch	ohne Wärmeaustausch	$q = k; \Delta q = 0; dq = 0$
isobar	bei gleich bleibendem Druck	$p = k; \Delta p = 0; dp = 0$
isochor	bei gleich bleibendem Volumen	$V = k; \Delta V = 0; dV = 0$

Aussagen und Folgerungen des I. Hauptsatzes

Die extensive Zustandsfunktion U („innere Energie“) umfasst alle Parameter, die zur eindeutigen Kennzeichnung des Zustandes eines Systems erforderlich sind. Jeder Austausch von Wärme oder Arbeit ändert die innere Energie U des Systems, d.h. dass Energie nicht erzeugt oder vernichtet werden kann. Die gesamte Änderung der inneren Energie eines Systems ΔU bei einem Kreisprozess ist gleich Null.

Mathematisch heißt das:

$$\Delta U = q + w$$

$$q = C \cdot \Delta T \text{ und } w = - p \cdot \Delta V$$

wodurch nun gilt: $\Delta U = q - p \cdot \Delta V$

ISOCHORER PROZESS: $\Delta V = 0$ (z.B. Bombenkalorimeter)

Keine Volumsarbeit $\rightarrow \Delta U = q = C \cdot \Delta T$ **ACHTUNG:** Vorzeichen altruistisch

ISOBARER PROZESS: $p = \text{const.}$ (die meisten chemischen Reaktionen)

Definition: $q = \Delta H$... Enthalpie (aus dem griech.: Bedeutet Wärmeinhalt)

Daher: $\Delta U = \Delta H - p \cdot \Delta V$

Oder für die Chemie wichtig in der Form: $\Delta H = \Delta U + p \cdot \Delta V$

Und für ideale Gase: Gasgesetz $p \cdot \Delta V = \Delta n \cdot R \cdot T$ eingesetzt

$$\Delta H = \Delta U + \Delta n \cdot R \cdot T$$

Bei chemischen Reaktionen:

(Innere) Reaktionsenergie $\Delta_r U$

Reaktionsenthalpie $\Delta_r H$

Diese Größen sind temperaturabhängig. Man bezieht sich daher auf sogenannte Standardbedingungen. Diese sind definitionsgemäß:

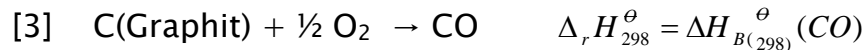
$$p = 1 \text{ bar und } T = 298 \text{ K}$$

Gekennzeichnet wird dies durch eine hochgestellte Null und die tiefgestellte Temperatur nach dem Symbol:

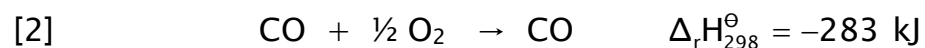
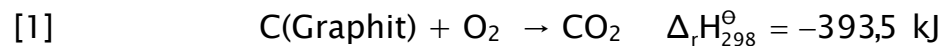
$\Delta_r U^0_{298}$... Standardreaktionsenergie und $\Delta_r H^0_{298}$ Standardreaktionsenthalpie

HESSscher SATZ

U und H sind wegunabhängige Zustandsfunktionen, daher kann der 1. Hauptsatz auch verwendet werden, um (Standard)Reaktionsenthalpien zu berechnen, wenn sie nicht direkt messbar sind. Das ist z.B. beim Standard(bildungs)enthalpiewert von Kohlenstoffoxid (CO) der Fall:



Man kennt die Enthalpiewerte der Reaktionen 1 und 2:



$$\Delta_r H_{298}^\ominus = \Delta H_{298}^\ominus(\text{CO}) = -393 - (-283) = -110 \text{ kJ/mol}$$

Die Standardbildungsenthalpie eines Stoffes ist die Standardreaktionsenthalpie der Bildungsreaktion der Verbindung aus den Elementen. Damit ist definitionsgemäß die Standardbildungsenthalpie von Elementen gleich Null:

$$\Delta H_B^0(\text{Element}) := 0$$

Wegen des Hessschen Satzes können leicht Standardreaktionsenthalpien von chemischen Reaktionen berechnet werden, wenn die kalorischen Daten der Verbindungen gegeben sind. Es gilt allgemein:

$$\Delta H_r^0 = \sum \Delta H_B^0(\text{Produkte}) - \sum \Delta H_B^0(\text{Edukte})$$

Mit Hilfe des Hessschen Satzes können daher auch Standardbindungsenergien (-enthalpien) berechnet werden.

Die Standardbindungsenergie ist jene Energie, die nötig ist um eine Bindung homolytisch zu trennen. Z.B.

Bindungsenergie von H-H:



Material zu Einheit 3: Conference

„Handwärmer“ – Wärmekissen

Die Grundlage eines solchen Wärmekissens ist der Sachverhalt, dass sich übersättigte wässrige Natriumacetatlösungen bilden können. Im heißen Zustand wird das Salz gelöst, soweit es die Löslichkeit bei diesen hohen Temperaturen zulässt, dann lässt man abkühlen.

Die Löslichkeit des Acetats beträgt bei 20°C 46.4 und bei 60°C etwa 139g/100ml. Beim Abkühlen müsste das Acetat auskristallisieren, sobald die Sättigungsgrenze überschritten wird. Das geschieht aber nicht, man erhält eine übersättigte Lösung. Wird in die Lösung ein kleiner Kristall (Impfkristall) des Salzes geworfen oder wird durch Reiben in der Lösung ein Kristallkeim gebildet, so setzt spontane Kristallisation ein. Wärme wird frei.

Um das Kissen zu reaktivieren, muss wiederum die übersättigte Lösung zurückgewonnen werden. Dies geschieht dadurch, dass man den Beutel in kochendes Wasser legt.

Bei professionellen Kissen werden „Kristallisationsinhibitoren“ zugesetzt um zu frühe ungewollte Kristallisation zu verhindern (wenn man z.B. den Beutel nicht lange genug im Wasserbad erwärmt hat).

Modellversuch:

7g Natriumacetat trihydrat werden in 2ml Wasser in einem RG bei 100°C im Wasserbad gelöst, sodass ein völlig klare Lösung entsteht. Es dürfen keine Salzkristalle mehr in der Lösung sein oder am Glasrand vorhanden sein. Dann gibt man ein Thermometer in die Lösung und stellt das RG zum Abkühlen in ein Glas mit kühlem Wasser. Sobald wieder Raumtemperatur erreicht ist, bewegt man das Thermometer im Glas oder gibt einen Glasstab zusätzlich in die Lösung. Es beginnt die spontane Kristallisation. Beobachte nun den Temperaturanstieg.

Der Vorgang kann wiederholt werden, indem das RG wieder ins heiße Wasserbad gestellt wird usw.

AUFGABEN:

- Stelle den Prozess des Kristallisierens und Regenerierens in Form eines Kreisprozesses dar!
- Erkläre, warum bei der Kristallisation Wärme frei wird! Um welche Energie handelt es sich?
- Schreibe die Reaktionsgleichung des Kristallisationsprozesses an!
- Berechne mit Hilfe der angegebenen kalorischen Daten die Reaktionsenthalpie ΔH !
- Berechne wie viel Energie bei einem Kissen frei wird, das 10g Natriumacetat trihydrat enthält!

$$\Delta H^{\circ}_{298}(\text{Naac.3aq}) = -1603,03 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H^{\circ}_{298}(\text{Na}^+_{\text{aq}}) = -239,43 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H^{\circ}_{298}(\text{H}^+_{\text{aq}}) = 0 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H^{\circ}_{298}(\text{H}_2\text{O}_{\text{fl}}) = -285,83 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H^{\circ}_{298}(\text{CH}_3\text{COO}^-_{\text{aq}}) = -488,38 \text{ kJ/mol}$$

Bestimmung der Reaktionsenthalpie einer endothermen Reaktion

Materialien:

Magnetrührer, Magnetrührstäbchen, Kunststoffbecher (isolierend), großes Rg, Stativ, Klemme, Muffe, Trichter, Glasstab, Thermometer, Waage (Stoppuhr/Handy)

$Al(NO_3)_3 \cdot 9H_2O$, $NaAc \cdot 3H_2O$, Deionat

Problemstellung:

Es ist mit einem einfachen, selbst zusammengestellten Kalorimeter die Reaktionsenthalpie in kJ/mol der Reaktion von Aluminiumnitratnonahydrat mit Natriumacetattri-hydrat zu ermitteln. Die stöchiometrische Umsetzung erfolgt so, dass äquivalente Mengen positiver bzw. negativer Ionen reagieren, also in diesem Falle 1:3).

Hinweise:

$$C(H_2O) = 4,18 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1}$$

$$C(\text{Glas}) = 0,84 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1}$$

Man verwende 0,025 mol Aluminiumnitratnonahydrat und die dazu stöchiometrisch nötige Menge Natriumacetattri-hydrat für die Reaktion.

Protokoll:

Folgende Punkte müssen im Protokoll abgedeckt sein:

- Skizze der Apparatur
- Durchführung des Experimentes
- Grafik: Temperaturänderung in Abhängigkeit von der Zeit
- Messdaten in übersichtlicher Form
- Reaktionsgleichung
- Berechnung
- Endergebnis

Bestimmung der Reaktionsenthalpie einer exothermen Reaktion

Materialien:

Magnetrührer, Magnetrührstäbchen, Kunststoffbecher (isolierend), großes Rg, Stativ, Klemme, Muffe, Trichter, Thermometer, Waage (Stoppuhr/Handy)

CaCl₂ (wasserfrei), Deionat

Problemstellung:

Es ist mit einem einfachen, selbst zusammengestellten Kalorimeter die Reaktionsenthalpie in kJ/mol der Reaktion von wasserfreiem Calciumchlorid mit Wasser zu Calciumchloridhexahydrat zu ermitteln.

Hinweise:

$$C(\text{H}_2\text{O})=4,18 \text{ J}\cdot\text{g}^{-1}$$

$$C(\text{Glas})=0,84 \text{ J}\cdot\text{g}^{-1}$$

Man verwende 0,1 mol CaCl₂ und die dazu stöchiometrisch nötige Wassermenge für die Reaktion.

Protokoll:

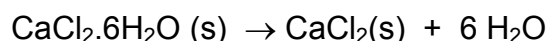
Folgende Punkte müssen im Protokoll abgedeckt sein:

- Skizze der Apparatur
- Durchführung des Experimentes
- Grafik: Temperaturänderung in Abhängigkeit von der Zeit
- Messdaten in übersichtlicher Form
- Berechnung
- Endergebnis

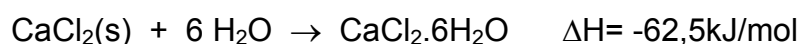
EXPERIMENTELLE AUFGABEN ZUR THERMOCHEMIE

1. Aufgabe: Salzhhydrate zur Wärmespeicherung

Die meisten Salze (Ionenverbindungen) kristallisieren aus einer wässrigen Lösung mit einer stöchiometrisch (verhältnismäßig bezüglich der Formel) definierten Menge an Kristallwasser aus. Die als Kristallwasser bezeichneten Wassermoleküle sind dabei entsprechend im Ionengitter eingebaut. So erhält man z.B. Calciumchlorid als sogenanntes Hexahydrat, also Calciumchloridhexahydrat. Bei Zufuhr von Wärmeenergie lassen sich die Wassermoleküle aus dem Kristallverband entfernen:



Das nun wasserfreie Calciumchlorid kann als „Wärmespeicher“ angesehen werden, denn bei Wasserzugabe wird Wärmeenergie frei und es entsteht wieder das Hexahydrat:



Eine italienische Firma (Blusei S.p.A in Neapel) hat einen „Taschenofen“ auf den Markt gebracht, der eine kleine Portion Espresso zu einer gewünschten Zeit erhitzt und damit heiß getrunken werden kann. Der Espresso ist in einen Aluminiumbecher eingeschlossen, der von einem Kunststoffbecher umgeben ist. Der Becher enthält zwei Kammern, die hermetisch vom Getränk getrennt sind. Eine Aluminiumfolie trennt die beiden Räume. Die eine Kammer enthält wasserfreies Calciumchlorid, die andere eine bestimmte Menge Wasser. Mit einem Plastikstift vom Becherboden aus kann die Aluminiumfolie durchstoßen werden, so dass die Wärmeentwicklung einsetzen kann.

Versuch 1:

Gib zu 11g wasserfreiem Calciumchlorid (nach Entnahme Gefäß sofort verschließen) in einem Becherglas 16 mL Wasser. Miss die Temperaturänderung!

Entsorgung erfolgt über den Abfluss!

Versuch 2:

Gib in ein trockenes Rg eine Spatel voll Kupfer(II)-sulfatpentahydrat und erwärme langsam mit dem Brenner (Schutzbrille!). Gib **nach dem Abkühlen** einen Tropfen Wasser dazu! Schreibe Deine Beobachtungen auf!

Entsorgung erfolgt nach dem Verdünnen in den Abfluss!

EXPERIMENTELLE AUFGABEN ZUR THERMOCHEMIE

2. Aufgabe: Exotherme und Endotherme Lösungsreaktionen

Arbeitsanweisung:

Gib in eine Eprovette 2 Plätzchen NaOH und in eine zweite Eprovette 1 cm hoch Kaliumnitrat. Fülle in eine dritte Eprovette 3cm hoch Wasser. Miss nun zunächst die Temperatur vom Wasser. Fülle dann in die ersten beiden Eprovetten auch 3cm hoch Wasser zu den darin befindlichen Chemikalien. Schüttle jede Eprovette vorsichtig und miss auch die Temperaturen der beiden entstandenen Lösungen!

Vergleiche die Temperatur der beiden Lösungen mit der von Wasser und schreibe Deine Beobachtungen und Ergebnisse nieder!

ENTSORGUNG: Verdünne die Lösungen und schütte sie in den Ausguss!

EXPERIMENTELLE AUFGABEN ZUR THERMOCHEMIE

3. Aufgabe: Neutralisationsenthalpie

In einen Kunststoffbecher gibt man jeweils 30 mL Salzsäure zu 30 ml Natronlauge. Beiden Lösungen haben dieselbe Konzentration, nämlich 1 mol/L. Rühre um und miss die Temperaturänderung!

Wiederhole den Versuch mit Schwefelsäure statt mit Salzsäure!

Wiederhole den Versuch nochmals mit Essigsäure als Säure!

Wenn noch Zeit bleibt kannst du in einem anderen Versuch statt Natronlauge Ammoniaklösung verwenden!

Entsorgung: nach Neutralisation in den Abfluss gießen!

SV- SPONTANE ENDOTHERME CHEMISCHE REAKTIONEN

Arbeitsanleitung für jede Station:

Gib 0,025 mol des ersten angegebenen Stoffes in eine normale Epruvette! In eine zweite Epruvette gib die entsprechende stöchiometrische Menge des zweiten Salzes: Beachte dass die Stoffe so miteinander reagieren, dass die Summe der positiven Ladungen aus dem ersten Salz genauso groß ist wie die Summe der positiven Ladungen des zweiten Salzes.

Mische dann die beiden Feststoffe in einem kleinen Becherglas, indem du sie gleichzeitig in das Glas schüttest und mit einem Glasstab umrührst! Miss die Temperaturänderung mit dem Thermometer! Halte die tiefste gemessene Temperatur fest und schreibe zusätzliche beobachtbare Veränderungen auf!

ENTSORGUNG: Mit viel Wasser in den Abfluss spülen!

STATION 1:

$\text{Al}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ (Name:.....) und Natriumacetattri-
hydrat ($\text{CH}_3\text{COONa} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$)

Niedrigste gemessene Temperatur:

Sonstige Beobachtungen:

STATION 2:

Äpfelsäure ($\text{HOOC-CHOH-CH}_2\text{-COOH}$) und $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$
(Name:.....)=Soda

Niedrigste gemessene Temperatur:

Sonstige Beobachtungen:

STATION 3:

Eisen(III)-nitratnonahydrat (Formel:) und Soda (Name und
Formel?)

Niedrigste gemessene Temperatur:

Sonstige Beobachtungen:

STATION 4:

$\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ (Name:) und Kaliumchlorid
(Formel:)

Niedrigste gemessene Temperatur:

Sonstige Beobachtungen:

Experimentelle Bestimmung der Reaktionsordnung

Salzsäure + Natriumthiosulfat

Es soll die Abhängigkeit der Reaktionsgeschwindigkeit von der Konzentration, also die Reaktionsordnung der Reaktion von Salzsäure mit Natriumthiosulfat bestimmt werden.

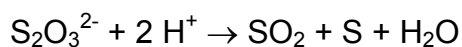
Vorschrift:

In je einem Erlenmeyerkolben (100ml) werden nach untenstehender Tabelle Natriumthiosulfatlösung ($c = 0,100 \text{ mol/L}$), Deionat und Salzsäure ($c = 2,0 \text{ mol/L}$) gemischt werden:

Zuerst werden Thiosulfatlösung und Deionat in den Kolben gegeben und auf ein weißes Blatt gestellt, auf dem sich ein schwarzes Zeichen befindet. Dann wird die Salzsäure zugefügt und die Zeit gestoppt, bis das Zeichen auf dem Papier nicht mehr zu erkennen ist.

Kolbennr.	$V(\text{S}_2\text{O}_3^{2-})$ in mL	$V(\text{Deionat})$ in mL	$V(\text{HCl})$ in mL
1	50	0	5
2	40	10	5
3	30	20	5
4	20	30	5
5	10	40	5

Die Reaktionsgleichung lautet:



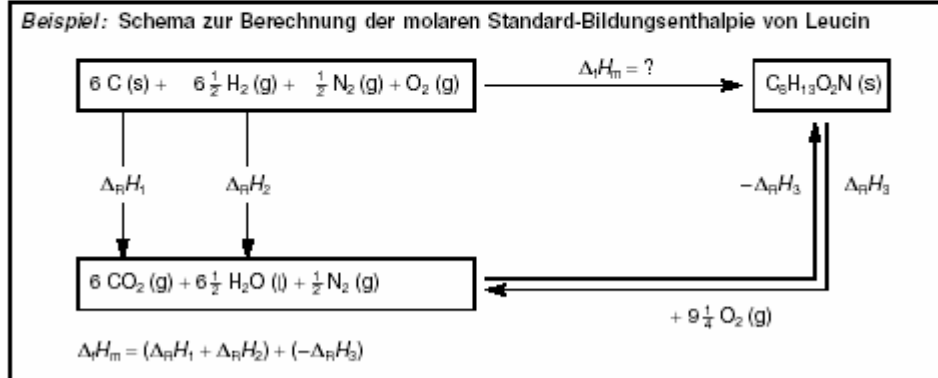
Aufgaben und Fragestellungen:

1. Erstelle eine Tabelle, aus der für jedes Volumen der Thiosulfatlösung die Reaktionszeit in s (bis das Zeichen nicht mehr sichtbar ist) und der Kehrwert der Zeit t^{-1} ersichtlich ist!
2. Trage in einer Grafik die Reaktionsgeschwindigkeit ($\sim t^{-1}$) gegen das Volumen der Thiosulfatlösung ($\sim c$) auf!
3. Bestimme aus der Grafik die Reaktionsordnung und begründe, warum t^{-1} proportional der Reaktionsgeschwindigkeit ist!
4. Warum ist nach einiger Zeit das Zeichen nicht mehr sichtbar?

Arbeitsblatt: Berechnung von Standard-Bildungsenthalpien aus Verbrennungsenthalpien

Molare Standard-Bildungsenthalpien können oft nicht direkt bestimmt werden, weil sich viele Verbindungen nicht in einer Reaktion aus den Elementen herstellen lassen. Mit Hilfe des HESSschen Satzes können molare Standard-Bildungsenthalpien aber aus Verbrennungsenthalpien berechnet werden.

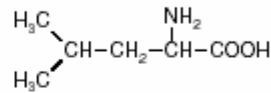
Tabellierte Werte für Verbrennungsenthalpien beziehen sich auf die vollständige Verbrennung bei normalem Druck unter Bildung von gasförmigem Kohlenstoffdioxid und flüssigem Wasser. In der Verbindung enthaltene Stickstoff-Atome liegen dann nach der Verbrennung als N_2 -Moleküle vor.



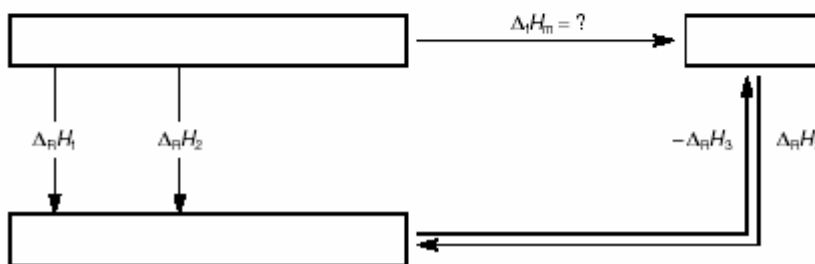
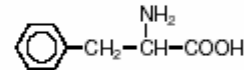
molare Verbrennungsenthalpien:

	Wasserstoff H_2 (l)	Kohlenstoff C (s)	Leucin $C_6H_{13}O_2N$ (s)	Phenylalanin $C_9H_{9}O_2N$ (s)
$\frac{\Delta_r H_m}{\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}}$	-286	-393	-3580	-4650

1. Berechnen Sie die molare Standard-Bildungsenthalpie von Leucin.



2. Erstellen Sie ein Schema für die Berechnung der molaren Standard-Bildungsenthalpie von Phenylalanin und führen Sie diese aus.



Arbeitsblatt: Von der Bindungsenthalpie zur Bildungsenthalpie

Bildungsenthalpien können oft nicht direkt bestimmt werden, weil sich viele Verbindungen nicht direkt aus den Elementen herstellen lassen. Mit Hilfe des HESS'schen Satzes kann man jedoch molare Standard-Bildungsenthalpien aus Bindungsenthalpien berechnen.

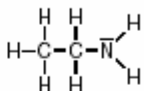
Dabei ist zu berücksichtigen, dass bei der fiktiven Bildung einer Verbindung die Atome aus der „Gasphase“ reagieren. Ausgehend vom Standardzustand der Elemente ist also zunächst die Energie zur Bildung isolierter Atome aufzuwenden, bevor die Atome neue Bindungen ausbilden und dadurch Energie frei wird.

Molare Bindungsenthalpien
(Werte für 25 °C in kJ · mol⁻¹)

Einfachbindungen				
	C	H	O	N
C	348	413	358	305
H	413	436	463	391
O	358	463	146	201
N	305	391	201	163

H-F 567	C-F 489	F-F 159
H-Cl 431	C-Cl 339	Cl-Cl 242
H-Br 366	C-Br 285	Br-Br 193
H-I 298	C-I 218	I-I 151

Aminoethan



5 C-H-Bindungen: _____ kJ · mol⁻¹

___ C-C-Bindung: _____ kJ · mol⁻¹

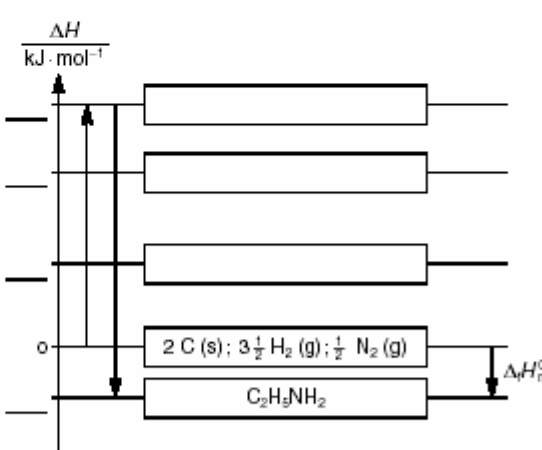
___ C-N-Bindung: _____ kJ · mol⁻¹

___ N-H-Bindungen: _____ kJ · mol⁻¹

Summe der Bindungsenthalpien: _____ kJ · mol⁻¹

Mehrfachbindungen		
C=C 614	N=N 418	O=O 498
C=O 745	N=O 607	
N=N 945	C=C 839	C=N 891

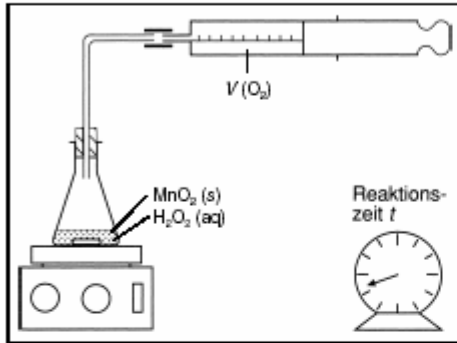
Sublimationsenthalpie von Kohlenstoff (25 °C): 717 kJ · mol⁻¹



- Berechnen Sie die molare Standard-Bildungsenthalpie von Aminoethan:
 - Tragen Sie die Formeln für die Teilschritte bei der Bildung der isolierten Atome in das Diagramm ein. Berechnen Sie die aufzuwendenden Energien und tragen Sie die ebenfalls ein.
 - Summieren Sie die Bindungsenthalpien aller Bindungen im Aminoethan-Molekül.
 - Berechnen Sie die molare Standard-Bildungsenthalpie von Aminoethan.
- Berechnen Sie auf die gleiche Weise die Standard-Bildungsenthalpie von Essigsäure.

Arbeitsblatt: Reaktionsordnung der katalytischen Zersetzung von Wasserstoffperoxid

Wasserstoffperoxid wird durch Mangan(IV)-oxid (Braunstein) katalytisch zersetzt. Man kann den Verlauf der Reaktion verfolgen, indem man das Volumen des entstehenden Sauerstoffs in Abhängigkeit von der Zeit bestimmt.

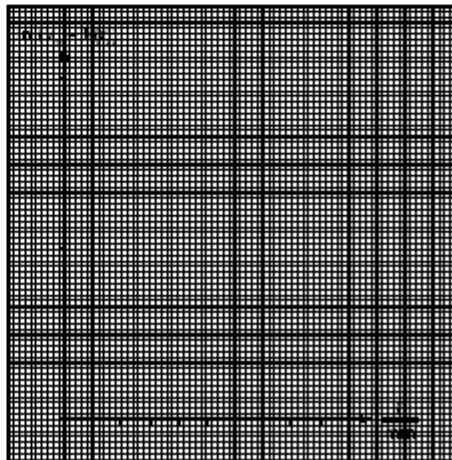
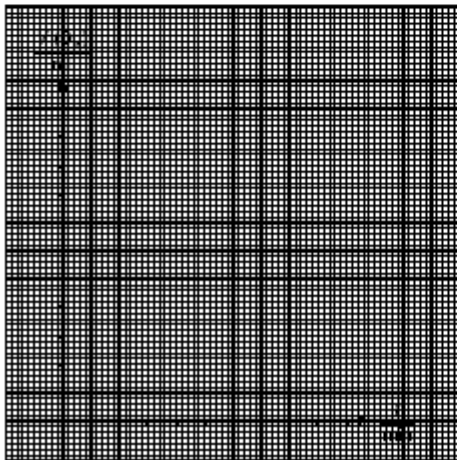


$\frac{t}{\text{min}}$	$\frac{V(\text{O}_2)}{\text{ml}}$	$\frac{V_\infty - V(t)}{\text{ml}}$	$\ln(V_\infty - V(t))$
0	0,0		
1	36		
2	53		
3	64		
4	71		
5	76		
6	80		
7	82		
8	84		
∞	90		

1. Stellen Sie die Reaktionsgleichung auf.

2. Erklären Sie, inwiefern die Differenz ($V_\infty - V(t)$) ein Maß für die Wasserstoffperoxid-Konzentration ist.

3. Vervollständigen Sie die Tabelle. Übertragen Sie die Ergebnisse in die beiden Diagramme. Bestimmen Sie die Reaktionsordnung und geben Sie das Zeitgesetz an.



Arbeitsblatt: Die Entropie in einer Miniatur-Welt

Die Entropie eines Systems steigt mit der Zahl der Realisierungsmöglichkeiten oder Mikrozustände, die es für dieses System bei einem unverändert beobachtbaren Makrozustand gibt.

In einem Kristall sind die Teilchen regelmäßig angeordnet, ihnen stehen nur die sogenannten Gitterplätze zur Verfügung. In einem Gas ist die Anordnung der Teilchen weniger stark eingeschränkt, die Zahl der möglichen Anordnungen ist viel größer als in einem Kristall mit gleicher Teilchenzahl. Deshalb hat ein Gas eine höhere Entropie als ein Feststoff.

In einer realen Welt mit ihren unvorstellbar vielen Teilchen und Teilchensorten und deren kaum vorstellbaren möglichen Anordnungen ist dies schwer zu verstehen. Deshalb soll hier eine Miniatur-Welt mit nur vier Atomen einer einzigen Teilchensorte mit nur neun möglichen Gitterplätzen und nur zwei Aggregatzuständen betrachtet werden. Jedes

Atom kann in dieser Welt also nur neun verschiedene Plätze einnehmen. Eine dicht gepackte quadratische Anordnung der vier Atome soll in diesem Modell einen Kristall darstellen, jede andere Anordnung ein Gas.



Miniatur-Welt mit
neun Gitterplätzen



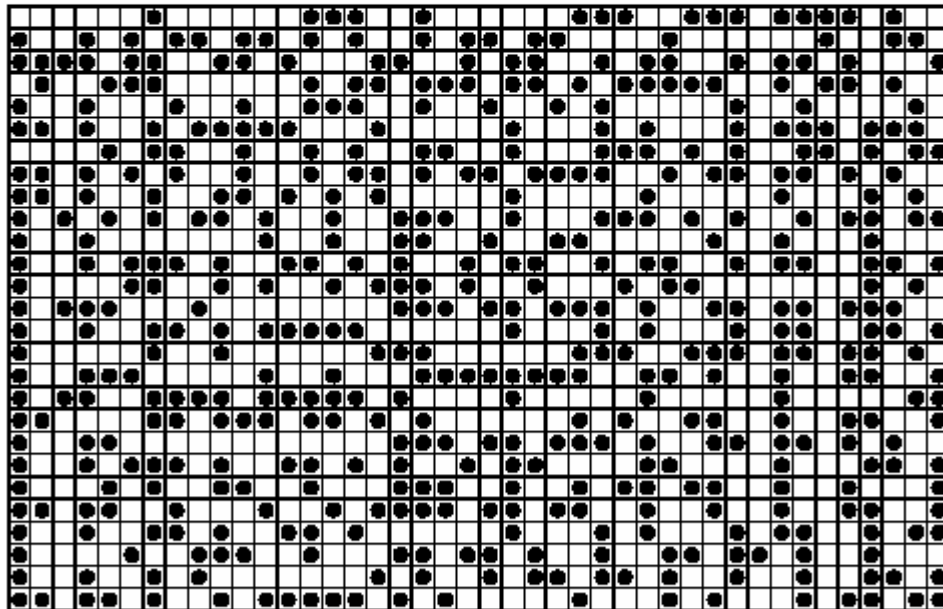
ein Kristall



ein Gas

Da die Atome nicht unterscheidbar sind, kann die gesamte Anzahl der möglichen Anordnungen der vier Atome in dieser Miniatur-Welt mit der Formel für die „ungeordnete Stichprobe“ aus der Statistik berechnet werden:

$$W = \frac{9 \cdot 8 \cdot 7 \cdot 6}{4 \cdot 3 \cdot 2 \cdot 1} = 126$$



1. a) Die Abbildung zeigt alle möglichen Zustände der Miniatur-Welt. Kennzeichnen Sie alle Kristalle. Wie viele Realisierungsmöglichkeiten gibt es für den Zustand „Kristall“, wie viele für den Zustand „Gas“?

b) Wie groß ist hier die molare Entropie S_m eines Kristalls, wie groß die eines Gases?

$$S_m = N_A \cdot k \cdot \ln W; \quad k = R \cdot N_A^{-1} = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}$$

2. Berechnen Sie die molare Sublimationsentropie $\Delta_S S_m$ in dieser Welt.

Arbeitsblatt: Pokern und Entropie

Der Begriff der Entropie S ist seit BOLTZMANN mit dem Begriff der thermodynamischen Wahrscheinlichkeit W verknüpft:

$$S = k \cdot \ln W; \quad k = R \cdot N_A^{-1} = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}$$

Im Gegensatz zur mathematischen Wahrscheinlichkeit ist hier unter Wahrscheinlichkeit die Zahl der Anordnungsmöglichkeiten von (mikroskopischen) Teilchen in einem (makroskopischen) System zu verstehen. Dies entspricht der „ungeordneten Stichprobe“ im System der Statistik und kann entsprechend berechnet werden.

Je mehr Möglichkeiten zur Anordnung der Teilchen ein System hat, desto höher ist seine Entropie. Mit statistischen Methoden lassen sich auch für chemische Systeme mit ihren außerordentlich vielen Teilchen Werte für W berechnen.



Das Pokern kann als Modell der thermodynamischen Wahrscheinlichkeit gelten. Das Pokerspiel ist ein Blatt mit 52 Karten. Ziel ist es, durch höchstens dreimaliges Ziehen und Zurücklegen von Karten aus den ursprünglich erhaltenen fünf Karten eine möglichst „wertvolle“ Kombination zusammenzustellen. Eine Kombination ist umso wertvoller, je seltener sie ist, d. h. je weniger Realisierungsmöglichkeiten es gibt. Für eine beliebige Kombination von fünf Karten gibt es 2598960 Möglichkeiten:

$$W = \frac{52 \cdot 51 \cdot 50 \cdot 49 \cdot 48}{5 \cdot 4 \cdot 3 \cdot 2 \cdot 1} = 2598960$$

Sie stellt also einen Zustand geringer Ordnung dar. Man könnte in dem Modell eine „molare Poker-Entropie“ berechnen:

$$S_m = N_A \cdot k \cdot \ln 2598960 = 122,3 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$$

Die Möglichkeiten für einen „Vierer“ sind schon geringer. Die erste Karte ist noch beliebig, die zweite ist eine von drei, die dritte eine von zwei der selben Zahl, für die vierte Karte gibt es nur noch eine Möglichkeit. Die fünfte Karte ist beliebig.

$$W(\text{Vierer}) = \frac{52 \cdot 3 \cdot 2 \cdot 1 \cdot 48}{4 \cdot 3 \cdot 2 \cdot 1} = 624$$

$$S_m = N_A \cdot k \cdot \ln 624 = 53,3 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$$

Die molare Poker-Entropie ist weniger als halb so groß wie bei einer beliebigen Kombination. Der Vierer stellt also einen Zustand höherer Ordnung dar.



Für einen „Royal-Flush“ (A, K, D, B, 10 von einer Farbe) gibt es schließlich nur noch vier Realisierungsmöglichkeiten, er stellt einen Zustand großer Ordnung dar.

$$S_m = N_A \cdot k \cdot \ln 4 = 11,5 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$$

1. Berechnen Sie die molare Poker-Entropie für ein „Full-House“ (zwei Gleiche und drei Gleiche) mit 3744 Möglichkeiten und für eine „Straße“ (fünf Karten in Folge) mit 10200 Möglichkeiten der Realisierung.

2. Ordnen Sie den beschriebenen molaren Poker-Entropien der Entropie von Wasser im festen, flüssigen und gasförmigen Zustand zu. Beschreiben Sie die Analogie.

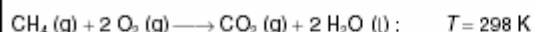
Arbeitsblatt: Rechnen mit der GIBBS-HELMHOLTZ-Gleichung

Die freie Standard-Reaktionsenthalpie ist ein Maß für die Triebkraft einer chemischen Reaktion. Sie wird bestimmt durch die Enthalpieänderung und die Entropieänderung. Diese beiden Größen sind durch die GIBBS-HELMHOLTZ-Gleichung verknüpft:

$$\Delta_R G_m = \Delta_R H_m - T \cdot \Delta_R S_m$$

Die freie Standard-Reaktionsenthalpie kann also aus tabellierten Werten für Standard-Bildungsenthalpien und Standard-Entropien berechnet werden. Das Ergebnis der Rechnung erlaubt Vorhersagen darüber, ob eine Reaktion exergonisch oder endergonisch abläuft.

Beispiel: Verbrennung von Methan (Erdgas)



	CH ₄ (g)	O ₂ (g)	CO ₂ (g)	H ₂ O (l)
$\Delta_f H_m$ (kJ · mol ⁻¹)	-75	0	-393	-286
S_m (J · K ⁻¹ · mol ⁻¹)	185	205	214	70

$$\Delta_R H_m = \sum \Delta_f H_m (\text{Produkte}) - \sum \Delta_f H_m (\text{Edukte})$$

$$= \Delta_f H_m (\text{CO}_2 (\text{g})) + 2 \cdot \Delta_f H_m (\text{H}_2\text{O} (\text{l})) - \Delta_f H_m (\text{CH}_4 (\text{g})) + 2 \cdot \Delta_f H_m (\text{O}_2 (\text{g}))$$

$$= -393 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} + 2(-286 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}) - (-75 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}) + 0 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} = -890 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$\Delta_R S_m = \sum S_m (\text{Produkte}) - \sum S_m (\text{Edukte})$$

$$= S_m (\text{CO}_2 (\text{g})) + 2 \cdot S_m (\text{H}_2\text{O} (\text{l})) - S_m (\text{CH}_4 (\text{g})) + 2 \cdot S_m (\text{O}_2 (\text{g}))$$

$$= (214 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} + 2 \cdot 70 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}) - (186 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} + 2 \cdot 205 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}) \\ = -0,24 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$$

$$\Delta_R G_m = \Delta_R H_m - T \cdot \Delta_R S_m = -890 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} - 298 \text{ K} \cdot (-0,24 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}) = -818,5 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

1. Berechnen Sie mit den thermodynamischen Werten, die im Schülerbuch im Anhang angegeben sind, die freie Standard-Reaktionsenthalpie für das Auflösen von Ammoniumchlorid in Wasser bei 298 K. Beschreiben Sie den Einfluss von Enthalpieänderung und Entropieänderung. Welchen Einfluss hat die Temperatur auf die Triebkraft des Lösungsvorganges? Berechnen Sie die Temperatur, von der an der Lösungsvorgang endergonisch verläuft.

2. Berechnen Sie die freie Standard-Reaktionsenthalpie für die vollständige Oxidation von Glucose.

7.3 Fragebogen – Vorerhebung

Fragebogen – Begabungsfördernder Chemieunterricht

Liebe Schülerin, lieber Schüler!

Ich arbeite im Rahmen des MNI-Fonds (Mathematik, Naturwissenschaften, Informatik-Unterricht) des BMBWK an einem Projekt, bei dem ich an Praxisbeispielen herausfinden möchte, welche Unterrichtsgestaltung, didaktische Methoden usw. im Chemieunterricht begabungsfördernd wirken. Dazu bitte ich um eure Mithilfe. Beantwortet diesen Fragebogen bitte ehrlich und gewissenhaft. Die Antworten haben keinerlei Einfluss auf meine Notengebung.

Vielen Dank schon jetzt!

Prof. Dr. Edwin Scheiber

männlich

weiblich

- Mein Interesse an naturwissenschaftlichen Themen ist

Groß 1 - 2 - 3 - 4 ge-
ring

- Am meisten interessieren mich

Physikalische Themen

Chemische Themen

Mathematische Problemstellungen

Bereiche der Informationstechnologie

(max. 2 Punkte ankreuzen!)

- Ich arbeite lieber

an größeren, umfassenden, fächerübergreifenden Themen/Problemstellungen

an kleineren, übersichtlichen, überschaubaren Aufgaben

- Lehrervortrag (Frontalunterricht) soll meiner Meinung nach im Chemieunterricht zeitlich

Großen Raum 1 - 2 - 3 - 4 kleinen Raum einnehmen.

Bemerkungen:

.....

- Mein Interesse wird meiner Einschätzung nach durch folgende Methoden am stärksten gefördert (max. 3 ankreuzen!)
 - Selbst nach Arbeitsanleitung durchgeführte Experimente
 - Selbst erdachte/geplante und selbst durchgeführte Experimente
 - Lehrerdemonstrationsexperimente
 - Übungs- und Aufgabenblätter
 - Frontalunterricht
 - Selbsterarbeitung von theoretischen Inhalten nach einem Arbeitsplan
 - Bearbeitung von Aufgaben in 2er Teams
 - Bearbeitung von Aufgaben als Einzelarbeit
 - Medienunterstützter Lehrervortrag
 - Rollenspiel
 - Schülerpräsentation von Themen
 - Forschende, entwickelnde Unterrichtsmethodik (Lehrer/Schüler-Gespräch zur Erarbeitung von Inhalten)

- Ich denke, dass ich für naturwissenschaftliche Fächer

Besonders begabt 1 - 2 - 3 - 4 eher weniger begabt bin.

- Ich denke, dass ich für Chemie

Besonders begabt 1 - 2 - 3 - 4 eher weniger begabt bin.

- Ich glaube, dass meine Begabung am besten durch folgende Maßnahmen gefördert werden kann:

.....

.....

- Besonders hinderlich für das Arbeiten und Lernen im naturwissenschaftlichen Bereich ist in unserer Schule

.....

.....

- Ich arbeite lieber

Allein in kleinen Gruppen (2-3 Personen) in großen Gruppen (5-6 Personen)

- Ich kenne die DALTON-Pädagogik
- Ja nein

- Dass ich die Ziele des Unterrichts weiß ist mir

Sehr wichtig 1 - 2 - 3 - 4 eher unwichtig

- Wie mein Chemielehrer zur Notengebung kommt

Weiß ich 1 - 2 - 3 - 4 weiß ich nicht.

- Noten sind mir generell

wichtig 1 - 2 - 3 - 4 unwichtig

- Meine Leistungsfähigkeit ist besonders hoch, wenn
 - Ich mich alleine mit einem Thema beschäftige
 - Ich an schwierigen Problemen arbeite
 - Ich im Team an Problemstellungen arbeite
 - Ich nach einem Arbeitsplan Themen erarbeite und Aufgaben bearbeite
 - Das bearbeite, was mich gerade interessiert
 - Ich Aufgaben gestellt bekomme
 - Ich mir selbst Aufgaben stellen muss/kann

- Die Zeit, in der ich mich pro Woche mit chemischen Themen befassen kann ist

Zu hoch 1 - 2 - 3 gerade richtig - 4 - 5
 zu gering

Was mir zu Begabungsförderung im naturwissenschaftlichen Bereich noch einfällt oder ich noch sagen möchte:

Danke für die Mühe!!

7.4 Fragebogen – interne Evaluation

Fragebogen – Daltonphasen

Liebe Schülerin, lieber Schüler!

Ihr habt nun zwei Daltonphasen hinter Euch! Ich danke für Eure konstruktive Mitarbeit bei diesem Unterrichtsversuch. Dieses Projekt wird nun verschiedentlich evaluiert. Dazu bitte ich um nochmals eure Mithilfe. Beantwortet diesen Fragebogen bitte ehrlich und gewissenhaft. Die Antworten haben keinerlei Einfluss auf meine Notengebung.

Vielen Dank schon jetzt!

Prof. Dr. Edwin Scheiber

männlich

weiblich

ALLGEMEINES

- Die Daltonphasen haben mir insgesamt

gefallen 1 - 2 - 3 - 4 nicht
gefallen

- Was mir am meisten gefallen hat:

- Was mir gar nicht gefallen hat:

Zu den einzelnen Assignments:

STÖCHIOMETRIE

- Länge der gesamten Arbeitsphase dieses Assignments
 - Viel zu kurz
 - Zu kurz
 - gerade richtig
 - zu lang
 - viel zu lang

- Die Arbeitszeit für die Arbeitsaufträge war
 - Viel zu kurz
 - Zu kurz
 - gerade richtig
 - zu lang
 - viel zu lang

- Die Einteilung der Arbeitsaufträge in Fundamentum und Addentum finde ich

Optimal 1 - 2 - 3 - 4 nicht
gut

- Die Aufteilung der Arbeit in selbstständiges Lernen, Bearbeiten von Übungsaufgaben, Problemlösen, Bearbeiten von experimentellen Fragestellungen fand ich

Optimal 1 - 2 - 3 - 4 nicht
gut

Begründung/Bemerkung:

- Die zur Verfügung stehende Arbeitszeit war

Ausreichend 1 - 2 - 3 - 4 zu kurz

Mehr Zeit hätte ich gebraucht für:

.....

.....

- Wie bist du mit deiner Zeiteinteilung zurechtgekommen? Woran lag dies? Was war besonders förderlich/was besonders hinderlich?

- Ich habe vorwiegend

- Alleine gearbeitet
- in einem kleinen Team (2-3 Personen)
- in einem großen Team

gearbeitet

- Die Arbeit am Assignment hat mein Interesse an chemischen Problemstellungen und Inhalten

Gefördert 1 - 2 - 3 - 4 gemindert

Welche Phasen/Themenstellungen waren besonders förderlich?

Welche Phasen/Themenstellung waren hinderlich?

- Die Lehrerrolle in der Daltonphase war
 - Zu sehr zurückgezogen
 - Optimal
 - Angemessen
 - Zu stark im Vordergrund
 - Zu wenig instruktiv
 - Unterstützend
 - Behindernd
 - Anders als sonst im Unterricht, weil
 -

Die Ziele der Arbeit waren

Klar 1 - 2 - 3 - 4 unklar

- Die Arbeitsanleitungen waren

klar formuliert und verständlich 1 - 2 - 3 - 4 unklar/unverständlich

dies lag vorwiegend an:

.....

Die Beurteilung meiner Leistung beim Assignment finde ich/war

Gerecht 1 - 2 - 3 - 4
ungerecht

Transparent 1 - 2 - 3 - 4 nicht nach-
vollziehbar

- Die Arbeitsform der Assignments war meiner Begabung im naturwissenschaftlichen Bereich/chemischen Bereich

Förderlich 1 - 2 - 3 - 4 hinder-
lich

Weil:

- Zu diesem Assignment möchte ich noch sagen:

THERMOCHEMIE

- Länge der gesamten Arbeitsphase dieses Assignments

- Viel zu kurz
- Zu kurz
- gerade richtig
- zu lang
- viel zu lang

- Die Arbeitszeit für die Arbeitsaufträge war

- Viel zu kurz
- Zu kurz
- gerade richtig
- zu lang
- viel zu lang

- Die Einteilung der Arbeitsaufträge in Fundamentum und Addentum finde ich

Optimal 1 - 2 - 3 - 4 nicht
gut

- Die Aufteilung der Arbeit in selbstständiges Lernen, Bearbeiten von Übungsaufgaben, Problemlösen, Bearbeiten von experimentellen Fragestellungen fand ich

Optimal 1 - 2 - 3 - 4 nicht
gut

Begründung/Bemerkung:

- Die zur Verfügung stehende Arbeitszeit war

Ausreichend 1 - 2 - 3 - 4 zu kurz

Mehr Zeit hätte ich gebraucht für:

.....

.....

- Wie bist du mit deiner Zeiteinteilung zurechtgekommen? Woran lag dies? Was war besonders förderlich/was besonders hinderlich?

- Ich habe vorwiegend

- Alleine gearbeitet
- in einem kleinen Team (2-3 Personen)
- in einem großen Team

gearbeitet

- Die Arbeit am Assignment hat mein Interesse an chemischen Problemstellungen und Inhalten

Gefördert 1 - 2 - 3 - 4 gemindert

Welche Phasen/Themenstellungen waren besonders förderlich?

Welche Phasen/Themenstellung waren hinderlich?

- Die Lehrerrolle in der Daltonphase war
 - Zu sehr zurückgezogen
 - Optimal
 - Angemessen
 - Zu stark im Vordergrund
 - Zu wenig instruktiv
 - Unterstützend
 - Behindernd
 - Anders als sonst im Unterricht, weil
 -

Die Ziele der Arbeit waren

Klar 1 - 2 - 3 - 4 unklar

- Die Arbeitsanleitungen waren

klar formuliert und verständlich 1 - 2 - 3 - 4 unklar/unverständlich

dies lag vorwiegend an:

.....

- Die Beurteilung meiner Leistung beim Assignment finde ich/war

Gerecht 1 - 2 - 3 - 4
ungerecht

Transparent 1 - 2 - 3 - 4 nicht nach-
vollziehbar

- Die Arbeitsform der Assignments war meiner Begabung im naturwissenschaftlichen Bereich/chemischen Bereich

Förderlich 1 - 2 - 3 - 4 hinder-
lich

Weil:

- Zu diesem Assignment möchte ich noch sagen:

Allgemein möchte ich noch sagen:

Danke für die Mühe!!

8 LITERATUR

H. EICHELBERGER, M. WILHELM: Der Jenaplan heute, Studienverlag, Innsbruck-Wien, 2000

Ch.E. MORTIMER: Chemie – Das Basiswissen der Chemie, 7. Auflage, Thieme Verlag, Stuttgart-New York, 2001

H. PARKHURST: Education on the Dalton Plan, New York, 1922, Reprint by "The Dalton School", New York, 1994

S. POPP: Der Daltonplan in Theorie und Praxis, Studienverlag, Innsbruck-Wien, 1999

G. SCHMID: in Jahrbuch 2000/2001 der Sir-Karl-Popper-Schule

K. SCHOLZ: "Görg sei Dank – Reminiszenzen zur Begabungsförderung in Österreich" in G. SCHMID (Hrsg.): „Jahrbuch 2001/2002“ der Sir-Karl-Popper-Schule, Wien, 2002

R. WUSTINGER: in Jahrbuch 2000/2001 der Sir-Karl-Popper-Schule

CD-ROM: „Chemie heute SII“, LehrerCD, Schroedel-Verlag GmbH, Hannover, 1998