



IMST – Innovationen machen Schulen Top

Kompetent durch praktische Arbeiten – Labor, Werkstätte & Co

IN ALLER MUNDE – MEHL!

ID 1241

Patricia Buchtela-Boskovsky

Höhere Technische Bundeslehr- und Versuchsanstalt tgm

Wien, Juli 2014

INHALTSVERZEICHNIS

ABSTRACT	3
1 EINLEITUNG	4
1.1 Ausgangssituation	4
2 ZIELE	5
2.1 Ziele auf SchülerInnenebene	5
2.2 Ziele auf LehrerInnenebene	5
2.3 Verbreitungsziele	5
3 DURCHFÜHRUNG	6
3.1 Planungsarbeiten	6
3.2 Unterrichtsablauf	8
3.3 Verbreitung	9
4 EVALUATIONSMETHODEN	10
5 ERGEBNISSE	11
5.1 Motivationssteigerung auf SchülerInnenebene	11
5.2 Gelungene Verschränkung von Theorie- und Laborunterricht	12
5.3 Einführung des Inquiry Based Learning als Unterrichtsmethode	14
5.4 Erstellung variabler Unterrichtsmodule	19
6 DISKUSSION/INTERPRETATION/AUSBLICK	20
7 LITERATUR	21

ABSTRACT

Labor- und Theorieunterricht im Gegenstandscluster Chemie und Umwelttechnik sollte verändert werden: Thematisch mit dem inhaltlichen Schwerpunkt Stärke - Naturstoffe – Polymere, methodisch mit dem Ziel des Inquiry Based Learning. Die Ausrichtung auf Analytik war beizubehalten, doch durch andere Arten der Fragestellung (Herstellung, Isolierung von Naturstoffen...) zu erweitern.

Die Zielsetzungen der Kompetenzerweiterung und Motivationssteigerung seitens der Schülerinnen und Schüler konnte erreicht werden. Hinsichtlich der methodischen Begleitung zum Forschenden Lernen gelangen Änderungen in der Herangehensweise der Unterrichtenden. Es bedarf allerdings noch intensiver Überlegungen, Schülerinnen und Schüler in geeigneter Weise beim selbstständigen Bearbeiten naturwissenschaftlicher Fragestellungen zu begleiten.

Schulstufe:	11
Fächer:	Chemie und Umwelt
Kontaktperson:	Patricia Buchtela-Boskovsky
Kontaktadresse:	1200 Wien, Wexstraße 19-23
Zahl der beteiligten Klassen:	1
Zahl der beteiligten SchülerInnen:	23

Urheberrechtserklärung

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

1 EINLEITUNG

1.1 Ausgangssituation

Das Projekt wurde an einer Höheren Technischen Lehranstalt, Abteilung Kunststofftechnik, im Unterrichtsgegenstand Chemie und Umwelttechnik durchgeführt. Die beteiligten Schülerinnen und Schüler besuchten den 3. Jahrgang (11. Schulstufe).

Die betroffene Klasse war der erste Jahrgang, welcher unter Anwendung des Lehrplans NEU, dessen Inhalte gegenüber dem vorangegangenen naturgemäß in Teilen abgeändert und der kompetenzorientiert gestaltet ist, unterrichtet wurde. Eine weitere Neuerung bestand darin, dass nunmehr Theorie- und Laborunterricht in einem Gegenstand kombiniert waren und die Schülerinnen und Schüler eine Gesamtnote erhalten.

Der Laborunterricht in den vorangegangenen Jahren war inhaltlich in weiten Teilen vom Theorieunterricht entkoppelt und bestand in erster Linie aus dem Erlernen und Erproben nasschemischer, quantitativer Analysemethoden.

2 ZIELE

2.1 Ziele auf SchülerInnenebene

Die Motivation und Begeisterung für Naturwissenschaften seitens der Schülerinnen und Schüler, insbesondere für den fachpraktischen Unterricht in Chemie, sollte gesteigert werden.

Theorie und Laborunterricht waren erstmals auf Basis des neuen Lehrplans Kunststofftechnik miteinander verschränkt. Dies ist für die Jugendlichen in erster Linie an einer Note für den ehemals theoretischen und praktischen Unterricht erkennbar, für die Lehrpersonen bedeutet dies die Gliederung in die Kompetenzbereiche des Lehrplans wie auch deren Einzelbeurteilung. Die Zielsetzung im Projekt bestand darin, den Laborunterricht gleichberechtigt neben den Theorieunterricht zu stellen und den Lernfortschritt der Schülerinnen und Schüler damit „auf allen Kanälen“ zu evozieren und zu begleiten.

Die im Projekt formulierten Kompetenzen selbständiger Wissenserwerb, Steigerung der Wahrnehmungsfähigkeit, Orientierung im Alltag sollten unter Anwendung der Schritte resp. Ebenen des sog. Inquiry (Based Learning) gefördert werden.

2.2 Ziele auf LehrerInnenebene

Inquiry Based Learning sollte als neue Methode im Unterricht eingeführt und gleichzeitig erprobt werden. Notwendige organisatorische Maßnahmen, welche Änderungen gegenüber den bisherigen Abläufen bedeuteten, waren zu überlegen und einzuführen sowie eine Umstellung im persönlichen Umgang zwischen Schülerinnen und Schülern und Lehrkräften war erforderlich.

Ziel war weiters die Erstellung variabler Unterrichtsmodule. Nach Zeitdauer/Umfang und Thema waren flexible Einheiten zu erproben und für einen konkreten Einsatz (durchaus auch in/für unterschiedliche Altersgruppen) gegebenenfalls vorzubereiten.

2.3 Verbreitungsziele

Es ist beabsichtigt das Projekt auf mehreren Ebenen zu disseminieren. Eine allgemein gehaltene Information über das Projekt erfolgt über die Abteilungshomepage <http://hwe.tgm.ac.at> sowie auf Plakaten im öffentlich zugänglichen Raum der Schule.

Zudem ist beabsichtigt, bestimmte Übungen bei öffentlichkeitsbezogenen Veranstaltungen (Tag der offenen Tür, Schnuppertage,) einzusetzen.

Über die Schulgrenzen hinaus ist geplant, ein Beispiel im Rahmen von PROFILES zu erstellen. Für die Sekundarstufe 1 adaptierte Übungen werden im Rahmen der Kinderuni Steyr im Sommer 2014 (http://kinderuni-ooe.at/index.php?option=com_k2&view=item&id=709; http://kinderuni-ooe.at/index.php?option=com_k2&view=item&id=712, 19.6.2014) gezeigt.

Beim Start-up-Tag von imst im Herbst 2014 wird das Projekt als Beispiel des Themenprogramms „Kompetent durch praktische Arbeit“ präsentiert werden (https://www.imst.ac.at/texte/index/bereich_id:62/seite_id:548, 14.7.2014).

3 DURCHFÜHRUNG

3.1 Planungsarbeiten

In zeitlicher Hinsicht wurde der Unterricht bestehend aus drei Wochenstunden Laborunterricht und zwei Wochenstunden Theorieunterricht dahingehend organisiert, dass der Laborunterricht in Vier-Stunden-Blöcken beginnend mit September unter Berücksichtigung geplanter Abwesenheiten festgelegt wurde. Der Theorieunterricht wurde gleichverteilt im üblichen Wochenstundenplan über das Schuljahr fixiert und in der Reihenfolge der Behandlung der Themen – soweit möglich – dem Laborunterricht angepasst.

Jene Lehrperson, welche für den Theorieunterricht verantwortlich war, war auch während des gesamten Schuljahrs im Laborunterricht federführend. Demgegenüber wechselten die beiden weiteren Lehrkräfte im Laborunterricht etwa zur Projekthalbzeit. Dies machte Adaptionen in der Evaluationsmethodik erforderlich, brachte aber auch eine Mehrzahl an Eindrücken und Feststellungen in das Projekt ein und gab nicht zuletzt die Möglichkeit, alle im chemischen Laborunterricht einsetzbaren Lehrpersonen in irgendeiner Weise auch tatsächlich in das Projekt einzubinden.

Die inhaltliche Planung der Projektarbeiten war teilweise schon mit der Antragstellung erfolgt. Dabei waren drei Eckpunkte festgelegt:

- **Stärke** (als Vertreter „einer“ natürlichen Polymerverbindung)
Im Laufe des Projekts wurde dies auf Mono- und Disaccharide sowie Proteine ausgedehnt.
- **Chemische Analytik** (ausgewählte Beispiele resp. ausgewählte Methoden)
Titration, Gravimetrie, Chromatographie, Photometrie, Nachweisreaktionen.
- **Forschendes Lernen**
Schrittweise sollte „Inquiry Based Learning“ eingeführt, erprobt, dokumentiert und bewertet werden. Dabei wurde ein Ansatz gewählt, der Schülerinnen und Schüler zuerst eine Methode erlernen und anschließend eine weiterführende Fragestellung unter Anwendung dieser bearbeiten ließ.

Methode	Detailliert vorgegebene Aufgabe	IBL-Ansatz
Titration	NaOH-HCl (Arbeitsvorschrift mit Konzentrationsbereich, Indikator Auswertung), Anlage 1: Acidimetrische Bestimmung des Gehalts von Natronlauge (als Beispiel einer bewährten Arbeitsanleitung des chemischen Praktikums)	Bestimmung des Essigsäuregehalts von mitgebrachtem Haushaltsessig (Überlegungen zu Konzentrationsbereich, Indikator, Auswertung mit Ergebnisdiskussion), Anlage 2: Angeleitete Fragestellung
Gravimetrie	Bestimmung des Wasser- und Aschegehaltes von Mehlproben bekannter Sorten, Anlage 3: Arbeitsvorschrift, Auswertung	Protokollierung mit Diskussion der Ergebnisse hinsichtlich der Hersteller- und Literaturangaben sowie Besprechung statistischer Auswertemethoden auf Basis der Messwerte der gesamten Klasse
Photometrie	Eisenbestimmung mit 1,10-Phenanthrolin (Arbeitsvorschrift,	Erarbeitung einer Arbeitsvorschrift zur photometrischen Phosphatbestimmung,

	Auswertung mittels individuell erstellter Kalibriergerade), Anlage 4	anwendbar auf die (selbst hergestellte) Mehlasche
Chromatographie	Papierchromatographie von Blattfarbstoffen (Arbeitshinweise, Vorstellen der "elutropen Reihe"), Dünnschichtchromatographie von hydrolysiertem Klebermaterial (Arbeitsvorschrift aus Literatur), Photos Anlage 5	Spielerisches Ausprobieren der Auftrennung von Farbstoffen unterschiedlicher Pflanzen-/Blattarten mit selbst zusammengestellten Laufmittel(mischung)en
Nachweisreaktionen	Fehling'sche Lösung, Lugol'sche Lösung, Seliwanoff, Silberspiegelbildung, Resorcin-Nachweis, Ninhydrin-Nachweis von Aminosäuren (Schulbuch, Internetrecherche), siehe Anlage 8, Beispiel 1)	Anwendung bei weiterführenden Versuchen (Überprüfung der Vollständigkeit der Stärke- und Zuckerisolation aus Pflanzenteilen), Fingerabdruck mit Iod/Stärke
Mikroskopie	Unterscheidung unterschiedlicher Stärkesorten, Färberversuche (vgl Anlage 8, Beispiel 2)	Anwendung bei weiterführenden Versuchen (Vollständigkeit der Stärkeisolation aus Erdäpfeln, Betrachtung bisher unbekannter Stärkekörner, Identifikation von Stärkesorten)
Frei wählbare Forschungsfrage		Formulierung der Fragestellung, Auswahl des Bearbeitungsweges/ Methodenauswahl, Recherche, Selbstständiges Experimentdesign, Durchführung, Zusammenfassung der Ergebnisse, Diskussion und Interpretation, Auflistung der bearbeiteten „Forschungsfragen“, Anlage 6

Tabelle 1: Inhalt und Aufbau des Laborprogramms (vereinfacht)

Alle der oben erwähnten Übungen waren als Einzelarbeiten konzipiert.

Darüberhinaus waren nachstehende Übungen in Kleingruppen von bis zu drei Personen zu machen:

Isolierung von Kartoffelstärke aus Erdäpfeln (inkl. Ausbeuteberechnung)

Herstellung einer Folie aus Kartoffelstärke

Isolation des Kleberanteils aus herkömmlichem Weizenmehl (siehe Photos Anlage 5)

Zeitplan (dem Projektantrag entnommen)

Zeitraum	Maßnahme
Schulbeginn- 30.9.2013	Themenvorstellung, Recherchearbeiten durch Schülerinnen und Schüler, Kennenlernen ausgewählter analytischer Methoden
1.10.- 15.10.2013	Formulierung möglicher Forschungsfragen seitens der Lehrkräfte Zusammenfassung/Präsentation der Recherchen seitens der SuS, Kennenlernen weiterer ausgewählter analytischer Methoden

- 15.10.-
30.10.2013 Formulierung der Forschungsfragen durch Schülerinnen und Schüler und endgültige Festlegung der zu bearbeitenden Themenkreise, Aufteilung in Kleingruppen für das selbstständige praktische Arbeiten, Kennenlernen weiterer ausgewählter analytischer Methoden
- 1.11.-
31.1.2013 Durchführung und Auswertung der Experimente, welche gemeinsam formuliert und geplant wurden
- 1.2.-31.3.2013 Wiederholung/Erweiterung der Experimente durch (andere) Kleingruppen, Zusammenstellung des (erprobten) Unterrichtsmaterials seitens der Lehrkräfte
- 1.4.-30.4.2013 Evaluation des Projekts
- 1.5.-31.5.2013 Erstellung des Berichtsentwurfs

Bereits im Herbst war aufgrund der organisatorischen Rahmenbedingungen klar, dass der Zeitplan angepasst werden musste. Die Schülerinnen und Schüler zeigten sich angesichts der Vorstellung, selbst zu überlegen und zu entscheiden, was sie im Laborunterricht näher untersuchen wollten überrascht bis überfordert. Gleichzeitig wurde im Lehrerinnenteam darin übereingekommen, dass gewisse methodische „Mindestinhalte“ gewährleistet sein müssen. Im Gesamten bedurfte es einer behutsamen Vorgehensweise.

3.2 Unterrichtsablauf

Für den Laborunterricht stand ein für Schulzwecke üblich ausgestattetes chemisches Laboratorium zur Verfügung. Darin fanden die Schülerinnen und Schüler individuelle Arbeitsplätze mit einer Geräteausrüstung für allgemeine nasschemische Untersuchungen vor. Dieses Labor kannten sie bereits aus dem Vorjahresunterricht. Ebenso waren die Schülerinnen und Schüler zu Projektbeginn über die grundlegenden Arbeitstechniken sowie hinsichtlich möglicher Gefahren mit gefährlichen Stoffen unterwiesen worden.

Die Einschulung in die Methoden der Titration und Gravimetrie erfolgte in Gruppen von bis zu acht Schülerinnen und Schülern durch eine Lehrperson. Anschließend waren die Studierenden in Einzelarbeit gefordert, anhand der detaillierten Arbeitsvorschriften die ausgegebenen, „unbekannten“ Proben zu analysieren und die Versuche eigenständig zu protokollieren und auszuwerten.

Danach waren die in Tabelle 1, 3. Spalte aufgelisteten Aufgaben selbstständig auszuführen.

Für Chromatographie und Photometrie wurde ein anderes Setting gewählt. Während des gesamten Blocks wurde die Schülergruppe durch eine Lehrkraft betreut.

Für die übrigen der genannten Übungen schulten im ersten Durchgang Lehrkräfte ein, in weiterer Folge unterwiesen Schüler Schüler.

Für die Projektphase „Bearbeiten individueller Forschungsfragen“ standen die Lehrkräfte nach Bedarf zur Verfügung. Mit jeder Schülerin und jedem Schüler wurde die schriftlich ausgearbeitete Forschungsfrage hinsichtlich des beabsichtigten Ziels und der notwendigen Arbeitsschritte in ihren Grundzügen besprochen und „freigegeben“.

Somit wurden auch unterschiedliche Organisationsformen für die Unterweisung zu den Experimenten gewählt und erprobt.

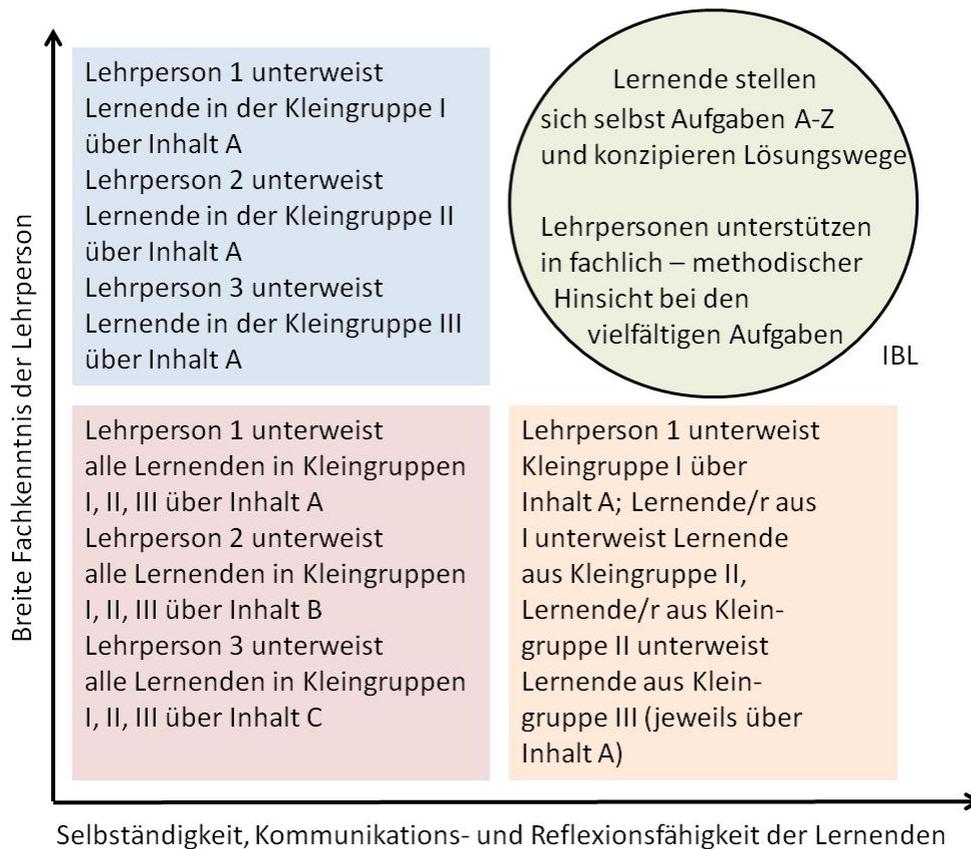


Abbildung 1: Anforderungsportfolio

Als gut geeignet stellte sich die im Laufe des Projekts entwickelte Vorgehensweise heraus, jeweils zu Beginn eines Laborblocks eine von der Lehrkraft erstellte Liste der durchzuführenden Arbeiten für einen Zeitraum von zwei bis drei Wochen sowie eine Schülerinnenliste, in welcher die erste Übung des Tages eingetragen war, auszuhängen. Zu Ende des Laborblocks trugen die Schülerinnen und Schüler die von ihnen an diesem Tag durchgeführten Experimente ein, sodass eine Aktualisierung für den nächsten Laborblock möglich war.

Dies hatte mehrere positive Folgen: Ressourcen-/Geräteengpässe konnten weitgehend vermieden werden, Stehzeiten der Schülerinnen und Schüler wurden reduziert, Arbeitsgruppen waren verschiedentlich zusammengesetzt, der Arbeitsfortschritt konnte (abseits von Protokollabgaben) verfolgt werden, Schülerinnen und Schüler konnten sich punktuell vertiefen resp. Versuche auf eigenen Wunsch hin wiederholen, Absenzen konnten einfach ausgeglichen werden und machten keine vorgefertigte Einteilung zunichte.

Jedes durchgeführte Experiment war entweder individuell oder durch die Kleingruppe zu protokollieren und zu dokumentieren und wurde bewertet. Zur Protokollerstellung wurde ein Hinweisblatt ausgegeben (Anlage 7), beispielhafte (unkorrigierte) Protokolle finden sich in Anlage 8.

Für die Methoden der Titration und Gravimetrie sowie für die eigene Forschungsfrage hatten die Schülerinnen und Schüler Recherchearbeit zu leisten und diese schriftlich zusammenzufassen.

3.3 Verbreitung

Die Dissemination des Projekts erfolgt/e weitgehend wie unter 2.3 *Verbreitungsziele* beschrieben. Schulintern können und werden Teile des erarbeiteten Programms im Regelunterricht und bei Werbemaßnahmen eingesetzt. Die Übungsübersicht mit bedingter zeitlicher Wahlmöglichkeit wird in den Regelunterricht als Organisationstool übernommen.

4 EVALUATIONSMETHODEN

Auf Seite der Schülerinnen und Schüler gründet sich die Evaluation auf fünf Einzelinterviews, welche Ende Februar 2014 geführt wurden. Drei männliche und zwei weibliche Jugendliche wurden mit Hilfe eines strukturierten Gespräches von einer externen Person zu den Themen „Unterrichtsinhalte“, „Unterrichtsmethoden“, „Unterrichtsorganisation“, „Eigenmotivation“, und „Selbstständigkeit“... befragt. Die Interviews wurden (größtenteils) transkribiert und sowohl unter Anwendung externer Expertise sowie intern ausgewertet. Im Ergebnisteil werden relevante Aussagen zitiert, in Anlage 9 finden sich die Transkription sowie die vollständige Analyse der Interviewerin.

Ebenso wurde ein vom Projektteam PROFILES zur Verfügung gestellter Fragebogen zu Projektbeginn und Projektende eingesetzt, der allerdings aufgrund seiner Fragestellungen keine Anwendbarkeit in diesem Projekt aufwies und auf den daher nicht referenziert wird.

Weiters wurde der von imst ausgesandte Fragebogen von der Autorin manuell ausgewertet und die Erfüllung der Ziele durch die Zusammenfassung von entsprechenden Fragegruppen bewertet. Im Ergebnisteil wird dies durch Wiedergabe der Fragestellungen und der zahlenmäßig höchsten Zustimmung (x aus 22 Nennungen) aus einer vier (oder fünf)teiligen Bewertungsskala (stimmt ganz genau – stimmt eher – (stimmt teils/teils) - stimmt eher nicht – stimmt gar nicht) ausgewiesen.

Beispiel:

Ich interessiere mich für Dinge, die wir in diesem Fach lernen.	Stimmt eher	15 aus 22
---	-------------	-----------

Auf Seite der Lehrkräfte wurde das Projekt in erster Linie durch Feedback Gespräche evaluiert. Durch unterjährige Veränderungen in der Lehrfachverteilung (nach drei Monaten Projektdauer wurden zwei von drei Lehrkräften neu besetzt) war der beurteilende Vergleich Projektstart/Projektende mittels Fragebogen unmöglich geworden. Zusätzlich wären zahlreiche interessante Beobachtungen und Anmerkungen durch eine vorgegebene Fragestellung nicht erzielbar gewesen. Relevante Aussagen oder Beobachtungen werden sinngemäß oder als Zitat wiedergegeben.

5 ERGEBNISSE

5.1 Motivationssteigerung auf SchülerInnenebene

Die Motivation und Begeisterung für Naturwissenschaften, insbesondere für den fachpraktischen Unterricht in Chemie, seitens der Schülerinnen und Schüler sollte gesteigert werden.

Aus dem imst Fragebogen (zu Projektende):

Ich interessiere mich für Dinge, die wir in diesem Fach lernen	Stimmt eher	15 aus 22
Ich beschäftige mich mit Dingen, die wir in diesem Fach lernen, weil es mir Spaß macht	Stimmt eher	9 aus 22
	Stimmt eher nicht	9 aus 22
Ich freue mich auf die Stunden in diesem Fach	Stimmt eher	8 aus 22
Ich bin einfach nicht gut in diesem Fach	Stimmt eher	10 aus 22
In diesem Fach lerne ich schnell	Stimmt eher nicht	8 aus 22
In diesem Fach bekomme ich gute Noten	Stimmt eher nicht	8 aus 22
Ich habe dieses Fach schon immer für eines meiner besten Fächer gehalten	Stimmt gar nicht	11 aus 22
Ich mag Bücher über dieses Fach	Stimmt gar nicht	9 aus 22
Im Unterricht dieses Faches verstehe ich die schwierigsten Aufgaben	Stimmt gar nicht	8 aus 22
Ganz allgemein gehe ich gerne in die Schule	Stimmt eher	10 aus 22
Meistens arbeite und lerne ich in diesem Fach, weil.... ... es mir Spaß macht		
	Stimmt teils/teils	9 aus 22
... weil ich es mag, Aufgaben aus diesem Fach zu lösen	Stimmt teils/teils	10 aus 22
... weil ich etwas dazulernen möchte	Stimmt eher	11 aus 22
... weil ich es mag, über dieses Fach nachzudenken	Stimmt eher nicht	8 aus 22
... weil ich den Stoff verstehen möchte	Stimmt ganz genau	8 aus 22
Was ich in diesem Fach lerne, kann ich später gut gebrauchen	Stimmt eher	11 aus 22

Tabelle 2: Rückmeldungen aus dem imst-Fragenbogen (1)

Zitate aus den persönlichen Interviews:

„Ja, ich find es toll.“

„Durch diesen Stärkeeinschub, das fächert sich auf, da hat man viele Möglichkeiten, das ist viel interessanter, da kann man den Kleberzweig weiter, da geht es Folie färben, das ist viel schöner also, auch durch das Improvisieren und selber etwas dazu beitragen“.

Auch wenn aufgrund des Fehlens einer Statusaufnahme zu Beginn des Projekts keine Steigerung der Schüler_innenmotivation im eigentlichen Sinn messbar wird, ist aus den Antworten der Schülerinnen und Schüler dennoch zu erkennen, dass dem Gegenstand im allgemeinen mit einer gewissen Vorsicht begegnet wird, insbesondere im Hinblick auf die Einschätzung der persönlich darin erbrachten Leistungen.

Das spiegelt sich auch in den Antworten zu den Fragen die Lehrperson betreffend wider. Bei den meisten Fragen zur Person und dem Unterricht selbst erhält die Lehrkraft „beste Noten“, auf die Bemerkung „Vieles im Unterricht finde ich oft zu einfach“ antworten 10 Befragte mit „stimmt gar nicht“.

Als weitere Indizien für erhöhte Motivation kann gesehen werden, dass – wenn auch nicht durchgängig und bei allen Betroffenen - durchaus auf Unterrichtspausen verzichtet und Versuchsutensilien von zu Hause mitgenommen wurden. In einem Fall wurde sogar auf eigenen Antrieb hin privat ein Besuch in ein chemisches Untersuchungslabor zur HPLC Analyse unternommen.

Eine Beobachtung seitens der Lehrkraft sei noch festgehalten: Mit forschendem Lernen scheint eine Schüler_innengruppe besonders angesprochen worden zu sein, die zu Beginn der Ausbildung durch reiches, allerdings nicht systematisches Wissen und Enthusiasmus aufgefallen war, dieses Verhalten aber im Laufe der zwei vergangenen Schuljahre abgelegt hatte. Klassische Schulleistungen (Testergebnisse, Stoffwiederholungen...) waren in dieser Zeit nicht herausragend oder auch gut gewesen und es hatte den Anschein, als hätten sie das besondere Interesse an Naturwissenschaften/Chemie verloren. Durch die veränderte Methode dürften diese Jugendlichen „erneut aktiviert“ und zu besonderer Mitarbeit herausgefordert worden sein.

Zusammenfassend wird dem Unterricht also mit „sehr großem Respekt“, begegnet, wenn auch die Lernatmosphäre als durchaus positiv, offen und damit motivierend empfunden wird.

5.2 Gelungene Verschränkung von Theorie- und Laborunterricht

Aus der Erstellung des Lehrplans sind die Deskriptoren für Polymerchemie aus der „Kompetenzmatrix“ für den Bereich Chemie und Umwelttechnik entnommen. Nach Beendigung ihrer Ausbildung sollen Schülerinnen und Schüler über diese Kenntnisse und Fähigkeiten verfügen, welche sie im Zuge ihrer Schulzeit schrittweise erlernen.

Verstehen	Ich kenne die natürlichen polymeren Stoffe sowie die wichtigsten Kunststoffe aus Alltag und Technik mit ihren chemischen Strukturen und Synthesen
Anwenden	Ich kann aufgrund des strukturellen Aufbaus der Kunststoffe auf ihre Anwendung und deren Bedeutung schließen
Analysieren	Ich kann Polymere mit geeigneten Methoden gezielt analysieren
Entwickeln	Ich kann Optimierungsschancen erkennen, gezielt anwenden und Alternativen erstellen

Beispielhaft seien einige Bezüge zwischen den genannten Kompetenzen und Projektinhalten sowie der Umsetzung im Unterricht dargestellt:

Ich kenne die natürlichen polymeren Stoffe (Stärke und Cellulose) ... aus Alltag und Technik ...

Anwendungen

als Nahrungsmittel, als Kleister, als Verdickungsmittel, als Trennmittel, ...

in der Lebensmittel-, Papier-, Kosmetik-, Textilindustrie, Bauchemie, ...

sowie als Ausgangsstoff eines Biopolymers (thermoplastische Stärke)

Versuch Folienherstellung, Versuch Nicht-Newton'sche Flüssigkeit, von den Lernenden gestaltete Versuche („Forschungsfragen“), Recherchearbeit, Theorieunterricht.

... mit ihren chemischen Strukturen und Synthesen.

Aufbau und Struktur von **Stärke** (Amylose, Amylopektin) und Cellulose (Molekülmodelle, Ringbildung eines Einfachzuckers, glykosidische Verknüpfungen, Wasserstoffbrückenbindungen, funktionelle Gruppen...), chemische Modifikationen (Acetylierung, Phosphatierung...)

Versuch Verkleisterung/Hydrolyse von Stärke sowie Nachweisreaktionen an funktionellen Gruppen, Arbeiten am Molekülmodell, Theorieunterricht.

Ich kann aufgrund des strukturellen Aufbaus der Kunststoffe auf ihre Anwendung und deren Bedeutung schließen.

Struktur-Eigenschaftsbeziehungen, Eigenschaftsänderungen durch chemische Modifikationen am Makromolekül selbst oder durch Zusatzstoffe, technische Anwendungen

Versuche „Nicht-Löslichkeit“/Quellung von Stärke in Wasser, Verkleisterungsversuch, Propantriol als Additiv (Weichmacher) in der Stärkefolie; biologische/mikrobielle Abbaubarkeit des „Kunststoffs“ mit ihren Vor- und Nachteilen, Stärke als „Starkmacher“ in der Papierindustrie und bei Textilien (Versuch „Wäsche stärken“, Imprägnierungsversuche an Filterpapier), Theorieunterricht.

Ich kann Polymere mit geeigneten Methoden gezielt analysieren.

Nachweisreaktionen von funktionellen Gruppen, Polymerspaltung durch Säurehydrolyse, chromatographische Verfahren

Nachweisreaktion von/an Stärke mittels I_2/KI , Fehling..., Säurehydrolyse von Stärke und Cellulose und Glucosenachweis, Ninhydrinnachweis von Aminosäuren (Fingerabdruck), Säurehydrolyse des Klebers (aus Weizenmehl) und anschließende dünn-schichtchromatographische Auftrennung zum Nachweis von Aminosäuren

Ich kann Optimierungsschancen erkennen, gezielt anwenden und Alternativen erstellen.

„Forschungsfragen“: Herstellung von Folien aus anderen, stärkehaltigen Rohstoffen (z.B. Bohnen, Nüssen, Reis), Einfärbung der Kartoffelstärkefolien, Veränderungen der Mischungsverhältnisse an der Rezeptur; Variation der Laufmittelmischungen bei der Chromatographie von Pflanzenfarbstoffen

Wie daraus ersichtlich wird, eignete sich das Projekt auch in dieser Hinsicht sehr gut, die erforderliche (Kompetenz)Entwicklung in detaillierte und abgrenzbare Aufgaben zu gliedern und einer Beurteilung zugänglich zu machen.

Für die Schülerinnen und Schüler selbst stand die gemeinsame Note von Theorie- und Laborunterricht im Vordergrund. Dies stellte für sie eine Veränderung gegenüber der Vergangenheit dar und ist auch der Präzedenzfall in ihrem Curriculum.

Zitate aus den persönlichen Interviews:

Eigentlich ist das schon gut, wenn man im Labor einen Einser oder Zweier hat, kann man sich ja quasi in Chemie verbessern. Weil es ja dann zusammenzählt, kann man den Schnitt und so heben.

Ja für diejenigen, die sich im Labor leichter tun, mit der ganzen Arbeit tun sich die leichter im Theorieunterricht, die können sich die Note ein bisschen hochpuschen. Jetzt haben wir einen Schwerpunkt so Zucker, Stärke und manche sind da noch nicht so richtig sattelfest und durchs Protokollschreiben tun sie sich ein bisschen leichter und tun sich so leichter mit einer Note, positiv zu bleiben.

Was ich aber schlecht finde ist, dass, wenn man in einem Teil davon negativ ist, ist man überhaupt negativ. Wenn man im Labor eine 1 hat und in Chemie eine 5, dann ist man negativ. Das finde ich eigentlich schlecht. Weil wenn ich eine 4 und eine 1 hab, krieg ich 2,5, je nachdem, wie der Lehrer das empfindet, aber 5 und 1 wär auch eine 3.

Die meisten haben im Labor eine bessere Note als im Theorieunterricht und dadurch wird das gemischt und für manche ist es besser, dass das mit dem Theorieunterricht dadurch besser erscheint, aber ich glaub, dass es keinen großen Unterschied macht. Mir ist das egal, ob es nach dem alten oder dem neuen System zur Note kommt.

Ich finde, dass das nicht so richtig passt, weil die Theorie ist ja eigentlich Chemie. Und da machen wir nicht immer dasselbe, das wir auch im Labor machen. Und das finde ich eigenartig, überhaupt dass zwei Noten eigentlich zusammenkommen, finde ich komisch.

Kommentar der externen Evaluatorin: Zusammenfassend begrüßen die Schülerinnen und Schüler es, nur eine Note zu bekommen. Der Grund hierfür ist allerdings trivial – es wird in Summe eine bessere Note erwartet. Etwaige inhaltliche Aspekte kommen dabei keineswegs zum Tragen.

Rückblickend hat sich diese Erwartung schüler_innenseits aber auch nicht erfüllt (vergleiche dazu 5.1, aus dem Fragebogen zu Schuljahresende). Die Clusterung von Chemie und Umwelttechnik, die Zusammenführung von Labor- und Theorieunterricht hat das (überprüfte) Stoffgebiet erweitert resp. dessen Detaillierungsgrad und damit das Niveau/den Anspruch gesteigert. An Stelle der vergangenen zwei Stunden Theorieunterricht und vier Stunden „lockerem“ Laborunterricht sind nunmehr fünf Wochenstunden sachlich verschränkter Unterricht getreten. Dies ist den Schülerinnen und Schülern schrittweise bei den schriftlichen Leistungsüberprüfungen (Tests) und manchen erst zu einem sehr späten Zeitpunkt im Schuljahr bewusst geworden.

5.3 Einführung des Inquiry Based Learning als Unterrichtsmethode

Die im Projekt formulierten Kompetenzen der Unterrichteten - selbständiger Wissenerwerb, Steigerung der Wahrnehmungsfähigkeit, Orientierung im Alltag - sollten unter Anwendung der Schritte resp. Ebenen des sog. Inquiry (Based Learning) gefördert werden. Diese sind nachfolgend dargestellt.

	Hauptverantwortlich ist			
Eigene Fragen und Problemstellungen finden, denen man mit einer Untersuchung nachgehen kann	Lehrperson	Lehrperson	Lehrperson	Schülerin, Schüler
Untersuchungsmethoden wählen	Lehrperson	Lehrperson	Schülerin, Schüler	Schülerin, Schüler
Eine begründete Erklärung für beobachtete Daten und Phänomene geben	Lehrperson	Schülerin, Schüler	Schülerin, Schüler	Schülerin, Schüler
	Bestätigungsexperiment	Stark vorstrukturiertes Forschen Structured Inquiry	Geführtes Forschen Guided Inquiry	Offenes Forschen Open Inquiry

Tabelle 3: Inquiry Based Learning.

Aus Brigitte Koliander, imst Newsletter Ausgabe 36, Jahrgang 10, 2011.

In Kapitel 3.1. wurde eine Vielzahl der im Laborunterricht durchgeführten Experimente tabellarisch aufgelistet. Alle unter „detailliert vorgegebene Aufgabe“ angeführten Aufgaben sowie die Übungen „Isolierung von Kartoffelstärke aus Erdäpfeln (inkl. Ausbeuteberechnung)“, „Herstellung einer Folie aus Kartoffelstärke“, „Isolation des Kleberanteils aus herkömmlichem Weizenmehl“, „Fingerabdruck (Proteinnachweis mit Ninhydrin)“, entsprechen dabei dem „Bestätigungsexperiment“. Jene unter „IBL-Ansatz“ genannten Übungen bzw. selbst gestellte „Forschungsfragen“ können exemplarisch fol-

gendermaßen zugeordnet werden. Die bearbeiteten „Forschungsfragen“ der Schülerinnen und Schüler sind im Anlage 6 tabellarisch aufgelistet:

	Bestimmung des Essigsäuregehaltes von mitgebrachtem Haushaltsessig	Erarbeitung einer Arbeitsvorschrift zur photometrischen Phosphatbestimmung in Mehlasche	Ist in Bohnen Stärke enthalten und kann man daraus Folie machen?	Ist in der Tränenflüssigkeit Glucose enthalten?
Eigene Fragen und Problemstellungen finden, denen man mit einer Untersuchung nachgehen kann	Lehrperson	Lehrperson	Schülerin, Schüler	Schülerin, Schüler
Untersuchungsmethoden wählen	Lehrperson/Schüler	Lehrperson	Lehrperson	Schülerin, Schüler
Eine begründete Erklärung für beobachtete Daten und Phänomene geben	Schülerin, Schüler	Schülerin, Schüler	Schülerin, Schüler	Schülerin, Schüler
	Structured Inquiry	Structured Inquiry	Guided Inquiry	Open Inquiry

Tabelle 4: Experimente auf unterschiedlichen Ebenen des Inquiry Based Learning

Beispiel: Bestimmung des Essigsäuregehaltes von mitgebrachtem Haushaltsessig

Die Aufgabe war von der Lehrperson vorgegeben: Bringen Sie Essig von zu Hause mit und bestimmen Sie den Gehalt an Essigsäure. Die Untersuchungsmethode war in ihren Grundzügen bekannt: Säure-Base-Titration. Allerdings stellten sich folgende Detailfragen: Ist Natronlauge (aus der Salzsäure-Natronlauge-Titration bekannt) als Maßlösung geeignet? Welcher Indikator ist geeignet? Stört eine etwaige Eigenfärbung des Essigs? Wo liegt der Konzentrationsbereich des Essigs und - daraus folgend - welche Konzentrationen (Verdünnungen) müssen sinnvollerweise eingesetzt werden? Letztendlich: Ist das erhaltene Ergebnis plausibel? Was sagt die Produktdeklaration aus?

Am schwierigsten fiel den Schülerinnen und Schülern dabei das eigentliche Versuchsdesign, basierend auf der Berechnung, in welchem Konzentrationsbereich tatsächlich gearbeitet werden soll. Ebenso wurde in den meisten Fällen auf einen Vergleich des eigenen Ergebnisses mit der Produktdeklaration und damit auf eine Plausibilitätsprüfung verzichtet.

Beispiel: Erarbeitung einer Arbeitsvorschrift zur quantitativen, photometrischen Phosphatbestimmung in Mehlasche

Auch hier war die Aufgabe von der Lehrperson bestimmt: Erstellen Sie eine detaillierte Arbeitsvorschrift für die Phosphatbestimmung in Mehlasche mittels Spektralphotometrie, basierend auf der Bildung eines Molybdän-Vanadium-Komplexes anhand einer vorhandenen allgemeinen Arbeitsvorschrift.

Obwohl die Methode der quantitativen Analyse mittels Photometrie am Beispiel der Eisenbestimmung als Ferroin zuvor praktisch durchgeführt und die Ergebnisse ausgewertet und berechnet worden waren, gelang die Übertragung der Kenntnisse auf das neue „Problem“ nicht. Die erwartete Recherchearbeit (anzunehmender Phosphatgehalt in Mehlasche) wurde von den befassten fünf Schülern nicht durchgeführt und damit gestaltete sich die „Suche“ nach einer für die Messung geeigneten

Verdünnung der Probe als sehr aufwändig. Weitere Erschwernisse waren in den mangelhaften schriftlichen Aufzeichnungen über eingesetzte Probemengen, Verdünnungsreihen etc. begründet. Ohne intensive Begleitung der Lehrkraft konnte diese Übung nicht erfolgreich abgeschlossen werden. Möglicherweise muss zukünftig auf die Anleitung zur Protokollierung der durchgeführten Arbeiten – jenseits des abzugebenden Protokolls – sowie auf das stöchiometrische/chemische Rechnen verstärktes Augenmerk gerichtet werden.

Beispiel: Ist in Bohnen Stärke enthalten und kann man daraus Folie machen?

Die Methode zur Herstellung von Folie aus Kartoffelstärke war bekannt. Die o.a. Frage wurde von einem Schüler selbst gestellt und ist damit ein Exempel für „Guided Inquiry“ (wenn auch die Rollenverteilung zwischen Lehrperson und Schüler eine andere als in Tabelle 3 ist). Die Methode der Stärkeisolation aus den gequollenen und anschließend gemahlten Bohnen funktionierte analog jener aus Kartoffeln und lieferte eine vergleichsweise sehr feste, etwas trübe Folie. Es wurden keine Erklärungsversuche hierfür gegeben.

Beispiel: Ist in der Tränenflüssigkeit Glucose enthalten?

Bei Rechercharbeiten dürften Schüler auf die Möglichkeit der Blutzuckermessung über Analyse der Tränenflüssigkeit gestoßen sein. Sie wollten nunmehr wissen: Lässt sich Glucose (mit den vorhandenen Möglichkeiten) in Tränen nachweisen? Das Versuchsdesign war ihnen überlassen. Sie produzierten mit Engagement und unter Einbindung einer Mehrzahl von Jugendlichen Tränenflüssigkeit und wandten die ihnen bekannte Methode des Glucosenachweis an. Eine Darstellung des Nutzens der in Entwicklung befindlichen Untersuchungsmöglichkeit für an Diabetes erkrankte Personen rundete die Arbeit ab.

Die externe Evaluation im Feber (in den meisten Fällen vor der Bearbeitung der sog. „Forschungsfrage“ also des Open Inquiry, aber überwiegend nach der Durchführung der Stufen Structured Inquiry, Guided Inquiry) stellte dazu fest:

Die meisten Anleitungen waren sehr genau vorgegeben.

Bei einer Übung konnten die SchülerInnen die rezeptartigen Aufgabenstellungen variieren und eigene Ideen einbringen. Dies war bei der Erstellung der Folien aus Kartoffelstärke. Die SchülerInnen hatten die Folien in unterschiedlicher Dicke und aus unterschiedlichen Ausgangsmaterialien (gekaufte Stärke oder Kartoffeln) hergestellt und einige SchülerInnen waren auf die Idee gekommen, die Folien einzufärben. Viele der Folien waren bereits fertig hergestellt und wurden von den SchülerInnen mit einigem Stolz hergezeigt.

In den Protokollen sollte von den SchülerInnen eine Interpretation formuliert werden. Da die Protokolle zu Hause geschrieben werden, ist die Interpretation eine individuelle Aufgabe der einzelnen Schülerin, des einzelnen Schülers. Die SchülerInnen greifen dabei entweder auf bereits im Labor erhaltene Erklärungen durch die Lehrpersonen zurück oder sie recherchieren nach Erklärungen im Internet. Die Interpretationen wurden nicht von den SchülerInnen in Diskussionen und Argumentationen während des Unterrichts erarbeitet. [...] Die beobachteten Laborübungen am 27. Februar 2014 waren noch weitgehend auf Inquiry Level 0.

Nichtsdestotrotz sind hinsichtlich der Zielsetzungen

- selbständiger Wissenerwerb
- Orientierung im Alltag

Veränderungen gegenüber der bisher gelebten Praxis nachweisbar und positive Entwicklungen abzuleiten. Dazu aus den Interviews:

Was halten Sie davon, dass Sie jetzt als SchülerInnen ein bisschen selbstständiger arbeiten, selber Fragen stellen, selber etwas ausprobieren? Soll das an einer HTL gelernt werden?

Finde ich eigentlich gut.

Beim Kleber war viel Improvisation gefordert, das kann man machen und das kann man machen, aber von der chemischen Seite hat man beim Kleber nicht viel ändern können. Aber es geht darum: Es steht man soll einen Holzrahmen verwenden und eine Hebebühne, damit der Tank weiter oben steht. Wir hatten keine Holzrahmen, und hatten keine Hebebühne, also musste ein Kübel herhalten, wo eine Windel drübergespannt war, mit einem Kabel fixiert, die Hebebühne war ein Mistkübel, wo dann der Kübel draufstand und der Kanister, wo das Wasser drin war, stand halt oben am Tisch. Also Improvisieren (lacht).

Ja sicher, weil das braucht man immer. Egal, wo du nachher bist, du brauchst Improvisation.

Ich war es so gewohnt, im ersten und zweiten Labor haben wir eine genaue Anleitung bekommen und mussten genau das machen. Deswegen ist es heuer ein bisschen ungewohnt. Weil ich mich eben auch nicht so gut auskenne.

Bemerkenswert an diesen Aussagen ist, dass eine vollständige Anleitung und die Bereitstellung aller notwendigen Materialien als Norm, das Unvollständige und das Einbringen einer eigenen Lösung für ein Problem als „Improvisation“, als eine Art „Notlösung“ betrachtet werden. Die Sorge um etwaige Fehler kann dabei groß sein.

Ich versuche es so zu machen, wie es im Skript steht. Bevor ich es falsch mache, will ich es schon nach dem Skript machen.

Auch die Genauigkeit beim Arbeiten im Labor als Anforderung wird von den Schülerinnen und Schülern reflektiert.

Ich bin ziemlich genau, wenn wir da eine Angabe haben, von der Menge her, dann muss das bei mir genau sein.

Beim Titrieren ist das natürlich schon wichtig. Hängt von der Arbeit ab.

Beim Wassergehalt von Mehl, da geht es wirklich um Milligramm, da muss man sehr genau arbeiten

Da haben wir Präzisionswaagen, extra mit luftzugdicht, also, und mit Glasfassade, dass ja kein Luftzug reinkommt, und ja nicht anfassen, weil das Fingerfett, das wiegt ja auch schon eine Tonne.

Mit der Genauigkeit geht es mir nicht so gut. Ich weiß, dass das alles genau sein muss, aber meistens unterlaufen mir Fehler, und es ist nicht ganz so genau, aber im Großen und Ganzen geht es. Ich bin sonst sehr genau, aber irgendwie im Labor, da fällt mir das nicht so leicht. Man kann zu viel falsch machen.

Im Zusammenhang mit der Frage nach der besten Betreuungsform durch die Lehrpersonen kann die gegebene Antwort „Mir wäre es lieber, wenn ein Lehrer ständig für mich da wäre,“ auch indirekt als Indiz für die innerliche Ablehnung von Selbständigkeit seitens der befragten Person gesehen werden.

Insgesamt wurde die Frage **Wie wünschen Sie sich die Betreuung im Labor?** von den Schülerinnen und Schülern so beurteilt:

Also, die Lehrer sind für alle da. Ich finde es gut, wenn ein Lehrer für eine bestimmte Station zuständig ist, es ist nicht so, dass ein Lehrer dann drei Sachen wissen muss, es ist dann so, dass ein Lehrer die eine Sache weiß und ein anderer die andere. Und so weiß er dann auch mehr und kann es besser erklären.

Also, wenn ein Lehrer ein Thema betreut, das finde ich besser, weil sie sich dann meistens erstens das Thema genauer anschauen können, und dann weiß er auch wirklich, und so, wenn er jedes Thema macht, dann vergisst er vielleicht auch irgendwas und so, kann ja auch passieren,

Ansonsten finde ich, dass es halt, wenn es ein Thema also gibt und ein Lehrer steht da und einer steht dort, das wir in Gruppen aufgeteilt sind, ist meistens auch das Einfachste für uns Schüler. Dass pro Thema ein Lehrer zuständig ist.

Wie wir die Spektroskopie gemacht haben, war es schon gut, dass es dafür einen Lehrer gegeben hat und der uns Anweisungen gegeben hat. Also das war schon gut. Weil er immer hier war und uns auch mit den Geräten geholfen hat. Das war schon super, ja. Also schon besser, wenn bei einer Station ein Lehrer ist und man den immer wieder fragen kann.

Ich gehe bei Fragen zu der Lehrkraft, die es mit aufgetragen hat. Weil die dann am schnellsten eine passende Antwort geben kann weil die ja weiß, um was es geht. Und der andere Lehrer müsste sich das ganze Skript anschauen, oder um was es da genau geht.

Ja alle kennen sich super aus, ja alle gleich, ja vom Charakter her ein bissl unterschiedlich, aber, was, ja. Alles super, passt.

Jeder Lehrer hat seine eigene Art und Weise, es zu erklären oder Fragen zu beantworten, dann gibt es die sofortige Antwort, dann „na denk einmal drüber nach“ (lachen), oder, ja, gibt immer verschiedene halt, jeder reagiert irgendwie anders drauf. Leise: ich finde die sofortige Antwort besser (lachen); Einfacher; aber manchmal sind die Antworten eh so logisch – aja, so ist das! aber man kommt selber halt nicht darauf.

Im Normalfall arbeiten wir sowieso allein, und dann Fragen halt, also, Fragen gibt es immer. Also ich mach es meistens so, alleine arbeiten und dann Fragen stellen, wenn irgendeine Frage auftaucht.

Kommentar der Interviewerin:

Die SchülerInnen antworten spontan, dass sie im Normalfall selbstständig an den Aufgaben arbeiten, aber dass es angenehm ist, wenn sie sich bei Problemen an LehrerInnen wenden können.

Ein durchgängiger Wunsch ist die Spezialisierung der Lehrkräfte: Die SchülerInnen geben an, dass sie von den Lehrpersonen erwarten, dass sie sich für einzelne Übungen gut vorbereiten, und dass sie dann Spezialisten für diese eine Übung sind und rasch Fragen dazu beantworten können. Es war auffallend, wie oft die SchülerInnen argumentiert haben, dass die Lehrpersonen dann besonders kompetent für die Betreuung dieser Übung seien.

Eine einzige Person hätte es vorgezogen, dass die gleiche Lehrkraft durchgehend für eine Gruppe verantwortlich ist.

Verstärkter Alltagsbezug bzw. die Orientierung am Alltag in Bezug auf die Lehrinhalte wird durch die Ergebnisse der imst-Evaluation attestiert.

Aus dem imst Fragebogen:

Wissen aus dem Fach auf Alltagsprobleme anwenden	in den meisten Stunden	9 aus 22
Für interessante Probleme aus dem Alltag Lösungen mit Hilfe des Wissens aus dem Fach finden.	in den meisten Stunden	11 aus 22
... weil ich die Sachen, die ich hier lerne, später gut gebrauchen kann	Stimmt eher	11 aus 22
Im Unterricht wird deutlich, dass der Lernstoff auch im Alltag wichtig ist.	Stimmt teils/teils	10 aus 22

Tabelle 5: Rückmeldungen aus dem imst-Fragebogen (2)

5.4 Erstellung variabler Unterrichtsmodule

Nach Zeitdauer/Umfang und Thema waren flexible Einheiten zu entwickeln und für einen konkreten Einsatz gegebenenfalls zu bewerten. Ausgehend von den im Projekt durchgeführten Übungen wurden Module für unterschiedliche Settings ausgewählt und werden/wurden auch praktisch durchgeführt.

- Projekttag zu Schuljahresende für Schülerinnen und Schüler der Abteilung (Altersgruppe 15-18 Jahre)
- Programm für Jugendliche anlässlich des Tags der offenen Tür, Töchterttag, Berufsorientierungstag und ähnliches (Altersgruppe 11-14 Jahre).
- Programm für Kinderuni (Altersgruppe 9-12 Jahre)
- Beispiel PROFILES (Altersgruppe 15-18 Jahre)

6 DISKUSSION/INTERPRETATION/AUSBLICK

„In aller Munde – Mehl“ war für Schülerinnen und Schüler sowie für die Lehrpersonen ein herausforderndes Projekt. Es bedurfte des Konsenses innerhalb des Lehrerteams, inhaltlich sowie methodisch etwas gänzlich Neues zu wagen. Aus Sicht der Lehrpersonen bedeutete dies: Mehr fachlichen und organisatorischen Arbeitsaufwand, Änderung des Rollenverständnisses, hohes Maß an Flexibilität und Zusammenarbeit. Für die Schülerinnen und Schülern wurde die Veränderung in erster Linie im Vergleich sichtbar, in der Gegenüberstellung zu ihrem Laborunterricht im Vorjahr oder zum Laborunterricht der Parallelklasse im selben Zeitraum des Projekts.

Eindeutig positiv sind die Auswirkungen auf die Motivation der Beteiligten zu sehen – die Arbeit am Projekt hat Freude gemacht. Mitunter wurden bei einzelnen Schülerinnen und Schülern bisher im Schulalltag unbekannte Eigenschaften sichtbar: Neugierde, Selbstantrieb, Phantasie. Gleichzeitig muss auf die unterschiedlichen Tempi der Unterrichteten Rücksicht genommen werden. Die Gefahr, dass Einzelne „zurückgelassen“ werden, ist größer als im bewährten Curriculum. Die Auswirkungen des Forschenden Lernens auf die messbare Steigerung einzelner Kompetenzen könnte in einem nächsten Projekt zentraler Gegenstand der Betrachtung sein.

Ebenso klar kann die Frage nach den (veränderten) Inhalten beantwortet werden: Diese sind der Ausbildung „Kunststofftechnik“ näher als das bisherige Programm, sind alltagsnäher und vielfältiger und für die Auszubildenden insgesamt ansprechender. Polymere, Naturstoffe, analytische Untersuchungsmethoden wurden sehr gut abgedeckt.

Als nur teilweise gelungen kann die Einführung des Inquiry Based Learning bezeichnet werden. Offensichtlich war dies sowohl für Schülerinnen und Schüler wie auch für die Lehrpersonen ein extrem großer Schritt in ungewohntes Terrain. Niemand konnte auf geeignete Erfahrungen zurückgreifen.

Seitens der Lehrpersonen fehlte das Instrumentarium, den Lernprozess methodisch in geeigneter Weise zu begleiten. Im Extremfall waren das erzielte Versuchsergebnis unzufriedenstellend (weil beispielsweise nicht nachvollziehbar dokumentiert und damit analysierbar) oder die Lehrperson begleitete jeden Arbeitsschritt sowohl in der Planung wie in der Durchführung im Detail, ohne den Schülerinnen und Schülern die Möglichkeit zu eigenständigem Gestalten und Handeln zu geben.

Der Hypothesenbildung, der Überprüfung mit Hilfe des eigenen Experiments und anhand bekannter Modelle und Theorien, der Argumentation und Gegenargumentation wurde zu wenig Raum gegeben. Wenn dies auch aus der Tradition, insbesondere jener einer Höheren Technischen Lehranstalt mit ihrer berufsausbildenden Zielsetzung, heraus verständlich ist, muss in diesem Punkt eingehakt werden. Die Berufsbilder und deren Anforderungen an die jungen Menschen ändern sich, die im Lehrplan vorgesehenen Kompetenzen bedürfen einer Neugestaltung des Unterrichts und einer geänderten Aufgabenverteilung zwischen Unterrichteten und Unterrichtenden.

Hilfreich könnten in einem nächsten Projekt begleitende Einheiten zu folgenden Themenbereichen sein:

- Hypothesenbildung, Diskurs, Argumentation
- Beobachtung, Dokumentation, Protokollierung
- Recherche und kritische Durchsicht
- Laboratoriumstechnik (Grundtechniken, Versuchsaufbau und mögliche Gefahren)
- Erfolg und Ergebnis (neu interpretiert)

7 LITERATUR

- Brückmann, Arndt, Freitag, Gerhards (2008). *Kunststoffe im Unterricht*. Köln, Aulis Verlag Deubner.
- Dorninger, Christian (2011). Die Bausteine des neuen pädagogischen Gebäudes. Kompetenzbegriff und Bildungsstandards. *imst Newsletter (35)*, 4-6.
- W. Glöckner, W. Jansen, R.G. Weissenhorn (Hrsg., 1997), *Handbuch der experimentellen Chemie, Sekundarbereich II, Band 12: Kunststoffe, Recycling, Alltagschemie*. Köln: Aulis Verlag Deubner & Co KG.
- W. Glöckner, W. Jansen, R.G. Weissenhorn (Hrsg., 2013), *Handbuch der experimentellen Chemie, Sekundarbereich II, Band 11/I: Biochemie I: Naturstoffe*. Köln: Aulis Verlag.
- Koliander, Brigitte (2011). *imst Newsletter (36)*,
- Koliander, Brigitte (2011). Inquiry Learning – Was ist Forschendes Lernen?. *imst Newsletter (36)*, 3-3.
- Kremer, Bruno P., Bannwarth, Horst (2011). *Einführung in die Laborpraxis*. Berlin-Heidelberg: Springer Verlag.
- Miller-Jones, Edward r. Corn starch (2012). *More than a grain*. Mauritius, fastbook publishing.
- Schweda, Eberhard (2012). *Jander/Blasius: Anorganische Chemie I*. Stuttgart: S. Hirzel Verlag.
- Schweda, Eberhard (2012). *Jander/Blasius: Anorganische Chemie II*. Stuttgart: S. Hirzel Verlag.
- Wambach, Heinz (Hrsg., 1997), *Materialien-Handbuch Kursunterricht Chemie, Band 5: Makromoleküle – Biochemie*, Köln: Aulis Verlag Deubner & Co KG.
- Author unknown (2014). Forensics Lab 8.2: Revealing Latent Fingerprints Using Iodine Fuming. Online unter <http://makezine.com/forensics-laboratory-82-revealing-l/> [07.07.2014].

ANHANG

Anlage 1:

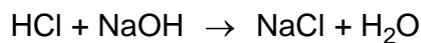
Acidimetrische Bestimmung des Gehalts von Natronlauge

1. Aufgabenstellung

In einem sauberen Messkolben, der mit NaOH, Name, Klasse und Katalognummer gekennzeichnet ist, erhältst du eine Stoffportion Natronlauge. Die Lösung wird auf 250mL verdünnt und durch Titration mit Salzsäure wird die Konzentration der Lösung [$c(\text{NaOH})$, $\beta(\text{NaOH})$] festgestellt. Weiters soll der pH-Wert der Probelösung berechnet werden.

2. Prinzip:

Es wird eine Neutralisationsreaktion zwischen Natronlauge und Salzsäure durchgeführt:



Aufgrund des geringen Ionenproduktes des Wassers ($K_W = 1,00 \cdot 10^{-14} \text{ mol}^2/\text{L}^2$ bei 22°C) kommt es praktisch zu einer vollständigen Umsetzung.

Der Endpunkt der Titration wird mittels eines Säure-Basen Indikators sichtbar gemacht.

3. Geräte und Chemikalien

Messkolben, Nennvolumen 250 mL

Vollpipette, Nennvolumen 25 mL

Standrundkolben 250 mL (Titrierkolben)

Bürette, Nennvolumen 25 mL

Salzsäure, $c(\text{HCl}) = 0,1 \text{ mol/l}$

deionisiertes Wasser = Deionat

Taschiro-Indikator: Mischung aus dem pH-Indikator Methylrot mit einem Zusatz von etwas Methylenblau, um den Kontrast des Umschlags zu erhöhen. (Umschlag: rotviolett pH 4,4 grau pH 6,2 grün)

4. Ausführung:

4.1. Arbeitsvorschrift:

- Der gut gereinigte 250mL-Messkolben, der die Probe enthält, wird mit frisch **ausgekochtem (und abgekühltem)** kohlenstoffdioxidfreien Deionat bis zur Messmarke aufgefüllt und die Lösung gut homogenisiert.
- Mit der gut gereinigten, und mit der Probelösung gespülten 25mL Vollpipette werden 25mL der Probelösung in einen Titrierkolben (250 mL Standrundkolben) pipettiert. (Peleusball!).
- Mit Deionat auf ca. 100mL verdünnen.
- Zugabe von 2 – 3 Tropfen Indikator.
- Aus der Bürette (Volumen 25 mL) wird solange Salzsäure unter ständigem Schwenken des Titrierkolbens, langsam zugetropft, bis ein deutlicher Farbumschlag von grün auf rotviolett erfolgt. Im Äquivalenzpunkt ist die Lösung grau mit einem ganz schwachen rotvioletten Farbstich gefärbt. (Ein weißes Blatt Papier wird unter dem Titrierkolben gelegt, um den Farbumschlag gut erkennen zu können).
- Die Titration ist mindestens 5-mal durchzuführen. Aus dem Mittelwert der Verbräuche wird der genaue Gehalt der Natriumhydroxidlösung berechnet.

Einzelne Titrationsergebnisse, die von den anderen deutlich abweichen, werden nicht zur Mittelwertbildung verwendet sondern als „**Ausreißer**“ eliminiert. Bei schlechter Übereinstimmung der Einzelergebnisse („**streuende Werte**“) sollte die Ursache dafür gesucht werden. Nach Behebung der Fehler müssen weitere Titrations durchgeföhrt werden.

4.2. → Allgemeine Richtlinien für Titrations:

- Alle Geräte (Büretten, Kolben, Pipetten) müssen sauber und fettfrei sein. Vor Gebrauch soll mit einigen Millilitern jener Lösung gespült werden, die anschließend eingefüllt wird.
- Das vorgelegte Probenvolumen (Vorlagevolumen V_{vt}) sollte immer so bemessen sein, dass der Verbrauch bei der Titration mindestens einem Drittel des Bürettenvolumens entspricht.
- Werden 250mL-Titrierkolben verwendet, wird mit Deionat auf 50-100mL verdünnt.
- Bei Farbindikatoren sollte ein weißer Zettel unter den Titrierkolben gelegt werden, um zarte Farbunterschiede besser erkennen zu können.
- Die Zugabe des Titrators (Maßlösung, Titriermittels) erfolgt unter ständigem Schwenken des Vorlagekolbens, wobei streng darauf zu achten ist, dass keine Flüssigkeitstropfen am Rand des Gefäßes haften bleiben.
- Der letzte Tropfen, der an der Bürettenspitze nach dem Zudrehen des Hahnes hängen kann, gehört so wie die eventuell am Titrierkolbenrand haftenden Tröpfchen in die Vorlage hin eingespült (mit Deionat).
- Vor dem Ablesen des Verbrauchs des Titrators muss gewartet werden, bis der Flüssigkeitsfilm von der Bürettenwand nachgeronnen ist. Falls sich Tröpfchen gebildet haben, müssen diese durch vorsichtiges Klopfen an der Bürette entfernt werden.
- Bei Titrations, bei denen eine schnelle Gleichgewichtsreaktion auf Ionenbasis abläuft (wie bei der einfachen Neutralisationsanalyse) kann man 95% des zu erwartenden Verbrauch (aus vorherigen Titrations abgeschätzt) rasch zur Probe geben. Erst die letzten 5% werden anschließend wie üblich langsam und tropfenweise zugegeben. Bei dieser zeit-sparenden Methode sollte man aber vorher überlegen, ob sie auch zulässig ist!
- Es ist nicht sinnvoll, zunächst mehrere Proben zur Titration vorzubereiten und erst dann zu titrieren. Durch langes Stehen kann sich die Probe verändern, zB durch Reaktion mit dem CO_2 der Luft. Besser ist es, eine Probe vollständig zu analysieren, dann den Titrierkolben ausleeren und mit wenig Deionat aus der Spritzflasche auszuspülen. Dann kann gleich wieder die nächste Probe einpipettiert werden. Auswaschen mit Spülmittel, Leitungswasser etc. ist unnötig, da geringe Reste der bis zum Äquivalenzpunkt austitrierten Lösung das Ergebnis der folgenden Bestimmung ohnehin nicht verändern.

5. → Auswertung:

- Im Äquivalenzpunkt sind die Stoffmengen der Säure (Titriermittel HCl) und der Base (Probe NaOH) gleich groß.
- $n(\text{H}^+) = n(\text{OH}^-)$ oder $n(\text{HCl}) = n(\text{NaOH})$
- Die Stoffmenge der zugesetzten Salzsäure ergibt sich aus der bekannten Konzentration und dem abgelesenen Volumen: → $n(\text{HCl}) = c(\text{HCl}) \cdot V(\text{HCl})$
- Daraus kann man $c(\text{NaOH})$ berechnen:
- $$c(\text{NaOH}) = \frac{n(\text{NaOH})}{V(\text{NaOH})} = \frac{c(\text{HCl}) \cdot V(\text{HCl})}{V(\text{NaOH})}$$
- Für das in wässriger Lösung vollständig dissoziierte Natriumhydroxid ist $c(\text{NaOH}) = c(\text{OH}^-)$. Daraus kann man $p\text{OH}$ und weiter pH berechnen.

Anlage 2: Angeleitete Fragestellung

Untersuchen Sie den von Ihnen mitgebrachten Essig!

Mindestanforderungen: Bestimmung der Essigsäurekonzentration durch Titration (analog der Untersuchungen und Berechnungen der Natronlauge) sowie vollständige und korrekte Protokollierung.

Mögliche weitergehende Fragen:

Welchen Indikator haben Sie verwendet? Warum? Welche anderen Indikatoren kämen in Betracht?

Gibt es Schwierigkeiten bei der Erkennung des Endpunktes? Wie wirken sich diese aus? Wie könnte einem solchen Problem begegnet werden?

Worin bestehen die Unterschiede zu und die Gemeinsamkeiten mit der Natronlauge/Salzsäure-Titration?

Gibt es andere Methoden zur Bestimmung der Essigsäurekonzentration?

Vergleich der käuflichen Produkte und Diskussion darüber. Warum ist die von den Herstellern gewählte Konzentration sinnvoll? Für welche Einsatzzwecke wären andere Konzentrationen besser geeignet und warum?

Ermittlung des Wassergehaltes eines Mehles sowie seines Aschegehaltes

1. Sachinformation und Aufgabenstellung:

Der Mineralstoffgehalt eines Mehles entspricht dem Rückstand, den man nach der Veraschung, d.h. nach Zerstörung des organischen Materials, erhält. Dieses Veraschen kann trocken oder nass erfolgen. Die Mineralstoffbestimmung dient der Typenbestimmung des Mehls. Die Mehltypen geben den Wert der aus 100 g getrockneten Mehl erhältlichen Asche (in mg) an. Um bei der Bestimmung des Aschegehaltes reproduzierbare Werte zu erhalten, muss das Mehl zuerst getrocknet werden. Dabei lässt sich als weiterer Parameter der Wassergehalt ermitteln.

2. Geräte und Chemikalien

Mehl (unterschiedliche Sorten)	Kammerofen, Muffelofen
Bunsenbrenner	Trockenschrank
Vierfuß, Ceranplatte oder Stativring, Drahtnetz	Exsikkator
Porzellantiegel	Analysenwaage
Tiegelzange	

3. Ausführung:

3.1. Bestimmung des Wassergehaltes:

Eine genau ausgewogene Menge Mehl (ca 10 g) wird über Nacht bei 130°C im Trockenschrank getrocknet, dann 20 Minuten im Exsikkator abgekühlt und anschließend ausgewogen.

3.2. Bestimmung des Aschegehaltes:

Die getrocknete Mehlprobe wird in einem Porzellantiegel ca. 30 Minuten über einem Bunsenbrenner und anschließend im Muffelofen bei 900°C 60 Minuten lang verascht. Anschließend wird nochmals 30 Minuten lang geglüht (wenn möglich unter Verwendung eines Porzellandeckels). Nach dem Abkühlen im Exsikkator (ca. 20 Minuten) wird ausgewogen.

4. Auswertung:

$$\text{Wassergehalt in \%} = ((\text{Einwaage} - \text{Trockensubstanz}) * 100) / \text{Einwaage}$$

Der Wassergehalt von handelsüblichen Mehltypen beträgt 12 – 15 %

$$\text{Aschegehalt \%} = ((\text{Einwaage} - \text{Glühverlust}) * 100) / \text{Einwaage}$$

Um vergleichbare Werte zu erhalten, müssen die Versuchsbedingungen unbedingt konstant gehalten werden. Es sind zumindest zwei Werte zu ermitteln.

Beantworten Sie in Ihrem Protokoll auch die Frage, worin ein höherer oder niedriger Aschegehalt bei den unterschiedlichen Mehltypen seine Begründung finden könnte oder findet. Verwenden Sie dazu die Messergebnisse der Kolleginnen und Kollegen, welche andere Mehlsorten untersucht haben.

BESTIMMUNG VON EISEN IN WASSER

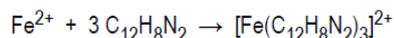
(spektralfotometrisch mit 1,10-Phenanthrolin gemäß ÖNORM M 6260)

1. Aufgabenstellung

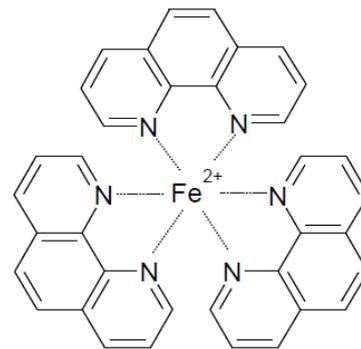
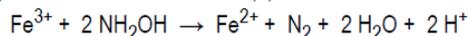
Die Massenkonzentration an gelöstem Eisen in einer wässrigen Lösung ist spektralfotometrisch zu bestimmen. Lege dem Analysenprotokoll die grafische Darstellung der Kalibrierkurve bei!

2. Grundlage des Verfahrens

Eisen(II)-Ionen bilden mit 1,10-Phenanthrolin einen orangeroten Komplex, der im pH-Bereich von 2,5 bis 9 stabil ist. Die Farbintensität ist dem Eisengehalt der Wasserprobe im Konzentrationsbereich von 0,03 bis 5 mg/l Fe proportional. Die fotometrische Bestimmung wird bei einer Wellenlänge von etwa 510 nm durchgeführt.



Nicht in Form von Eisen(II)-Ionen vorliegendes Eisen wird - gegebenenfalls nach Lösen bzw. Aufschluss - durch Reduktion mittels Hydroxylammoniumchlorid in Eisen(II)-Ionen überführt.



Tris-(1,10-phenanthrolin)-Eisen(II)-Ion (rot)
(Ferriin)

4. Ausführung:

4.1. Vorbereitung:

2 Messkolben (je 250 mL) mit „Fe fotometrisch“, „Standard“ bzw. „Probe“ sowie Name und Katalognummer beschriften und einreichen. Messkolben mit der Standardlösung und mit der Probe bis zur Marke mit entionisiertem Wasser auffüllen und durch Schütteln mischen.

Reagenzien und ca. 10 Messkolben zu 50 mL vorbereiten. Die Messkolben werden folgendermaßen beschriftet:

Blindwert, Standard 1, Standard 2,.... Standard 6, Probe 1, Probe 2, Probe 3

Zur Kalibrierung werden bei jeder Analysencharge sechs verdünnte Standardproben und entionisiertes Wasser als Blindwert in gleicher Weise wie die Proben behandelt. Diese Standardproben können im Arbeitsbereich der Analysenmethode durch Verdünnen von ca. 2 mL, 5 mL, 10 mL, 20 mL, 30 mL und 40 mL der Standardlösung laut Punkt 3.4 und auffüllen auf ca. 30 - 40 mL mit entionisiertem Wasser im Messkolben hergestellt werden.

In gleicher Weise werden von der Probe mit unbekanntem Gehalt ca. 10, 20 und 40 mL in drei weiteren Messkolben vorbereitet.

Die Standard- und Probenmenge können entweder durch Pipettieren oder durch Einwägen auf der Feinwaage (auf 0,01g genau) bestimmt werden. (Die Dichte von Probe, Standard und entionisiertem Wasser kann ohne nennenswerten Fehler mit 1,0 g/mL angesetzt werden.) Das genaue Einmaß (Masse oder Volumen) wird für die Auswertung notiert.

4.2. Bestimmung:

Die in 50mL-Messkolben vorbereiteten Lösungen werden erforderlichenfalls mit entionisiertem Wasser auf ca. 30 bis 40mL aufgefüllt. Dann werden 2,5mL Ammoniumacetat-Eisessig-Lösung (Reagenz 1) und 1mL Hydroxylammoniumchlorid-Reagenz (Reagenz 2) zugesetzt und durch Schwenken vermischt. Der pH-Wert sollte zwischen 3,4 und 5,5 liegen (möglichst nahe 4,5). Nun wird die Lösung mit 1mL Phenanthroliniumchlorid-Reagenz (Reagenz 3) versetzt, und der Kolben bis zur Marke aufgefüllt und nochmals gründlich gemischt. Nach einer Wartezeit von 15 Minuten wird das spektrale Absorptionsmaß (=Extinktion) bei 510 nm gegen Wasser gemessen. Der Zusatz der Reagenzien und die Messung sollen bei allen Lösungen rasch hintereinander und in der gleichen Reihenfolge erfolgen, um für alle Lösungen eine einigermaßen gleiche Reaktionszeit (ca. 15 min) einzuhalten.

4.3. Fotometrische Messung (Hitachi U-2000 Spectrophotometer):

Der Eisen-Phenanthrolin-Komplex absorbiert das sichtbare Licht bei 510 nm am stärksten. Bei dieser Wellenlänge kann daher am empfindlichsten gemessen werden (siehe Abb. 1: Extinktion als Funktion der Wellenlänge)

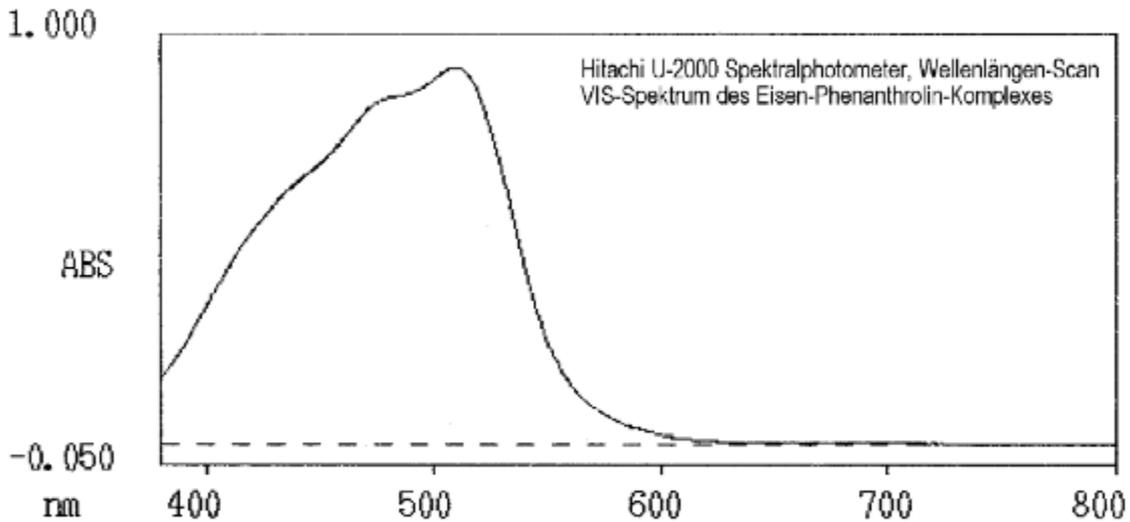


Abb. 1: Spektrum von Tris-(1,10-phenanthrolin)-Eisen(II)-Ion (Ferroin)

Fotometer rechtzeitig einschalten (mindestens 5 min vor der Messung).

Wellenlänge auf 510 nm einstellen: Eingabe von **GOTO λ 510 ENTER**)

Fotometer auf Null abgleichen: In den Vergleichsstrahlengang (hinten) eine Küvette mit destilliertem Wasser einsetzen (10mm optische Länge). In den Messstrahlengang (vorne) eine Küvette mit der Blindwert-Lösung einsetzen. Die glatten Flächen der Küvetten müssen frei von Verschmutzung sein und nach links und rechts weisen. Wenn nötig mit einem Stück Küchenrolle oder einem Tuch abwischen. Achte auch darauf, dass sich in den Küvetten keine Luftblasen im Strahlengang befinden. Die Lichtintensitäten in den beiden Strahlengängen durch Drücken der Taste **AUTOZERO** abgleichen. Im Display steht nun rechts oben: **510 nm 0.000 ABS**

Nun die Messküvette (vorne) nacheinander mit den Standardlösungen und mit den Probelösungen füllen und die Extinktionswerte (im Display rechts oben, zB **510 nm 0.246 ABS**) notieren.

4.4. Auswertung:

Zwischen dem spektralen Absorptionsmaß (der Extinktion) und der Konzentration besteht ein linearer Zusammenhang (Lambert-Beer'sches Gesetz):

$$E = \varepsilon \cdot \beta(\text{Fe}) \cdot d$$

E spektrales Absorptionsmaß (Extinktion)
 ε spektraler Absorptionskoeffizient (Extinktionskoeffizient)
 $\beta(\text{Fe})$ Massenkonzentration
 d Schichtdicke der Küvette

Aus dem bekannten Gehalt und der gemessenen Extinktion der Standardproben kann daher eine Kalibriergerade mittels linearer Regression berechnet werden:

$$E = a + b \cdot \beta(\text{Fe})$$

a Ordinatenabschnitt der Kalibriergerade, sollte nahezu = 0 sein
 (Der Koeffizient a ist wie die Extinktion E dimensionslos!)
 b Steigung der Kalibriergerade ($\approx \varepsilon \cdot d$)
 (Die Dimension von b ist der Kehrwert von β , zB L/mg!)

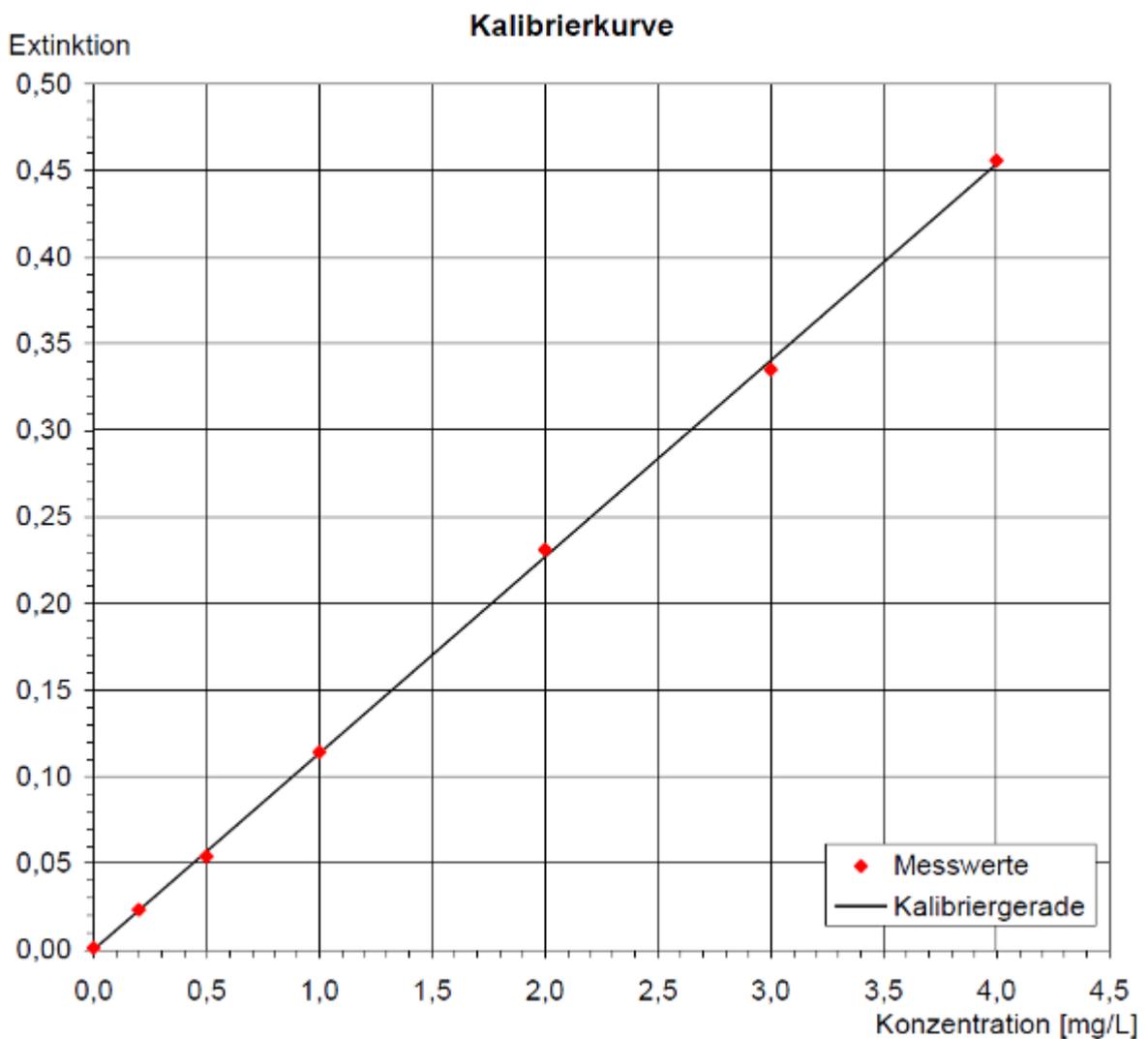
Erstelle eine Tabelle der Konzentrationen und der gemessenen Extinktionen für die 6 Standards und den Blindwert. Stelle die Messwerte (zB mit MS-Excel) grafisch dar (Abszisse: $\beta(\text{Fe})$; Ordinate: Extinktion, siehe Abb. 2). Berechne mittels linearer Regression die Koeffizienten a und b der Kalibriergerade und zeichne sie in der Grafik ein! In MS-Excel steht zur Berechnung der Regressionsgeraden aus Messwerten die Tabellenfunktion RGP(y-Werte; x-Werte) zur Verfügung.

Der Gehalt der unbekannt Probe kann dann mit Hilfe der Umkehrfunktion der Kalibriergeraden berechnet werden:

$$\beta(\text{Fe}) = (E - a)/b$$

Beachte: $\beta(\text{Fe})$ ist hier die Konzentration in der Messlösung (in der Küvette). Die Verdünnung der Probe muss noch gesondert berücksichtigt werden! Wenn zB 40mL Probe in den Messkolben pipettiert wurden und auf 50mL aufgefüllt wurden, entspricht das einer Verdünnung der Probe in Verhältnis 40 / 50. Die Ausgangskonzentration der Probe vor der Verdünnung $\beta_0(\text{Fe})$ kann dann wie folgt berechnet werden:

$$\beta_0(\text{Fe}) = \beta(\text{Fe}) \cdot 50 / 40$$



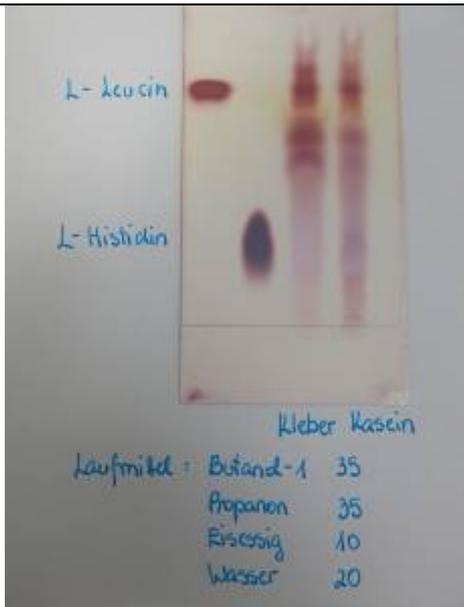
Anlage 5:



Isolation des Kleberanteils aus Weizenmehl mithilfe von Kochsalzlösung



Getrockneter Kleber



Dünnschichtchromatogramm nach der Hydrolyse des Klebers, Auftrennung der Aminosäuren

Anlage 6: Forschungsfragen der Schülerinnen und Schüler

Zuckergewinnung aus der Zuckerrübe

Qualitativer Nachweis des Bausteins Glucose in der Cellulose

Isolierung von Stärke aus Reis und Nüssen

Bestimmung des Stärkeanteils in unterschiedlichen Chipssorten

Viskosität von Stärkesuspensionen

Viskositätsmessung von Zuckerlösungen

Chemische-physikalische Unterschiede zwischen Saccharose und Stevia

Nachweis von Glucose in der Tränenflüssigkeit

Nachweis von Glucose in Blut

Was passiert bei der Reifung von Früchten hinsichtlich des Stärke- und Zuckergehaltes?

Welche Parameter beeinflussen das Braunwerden von Früchten?

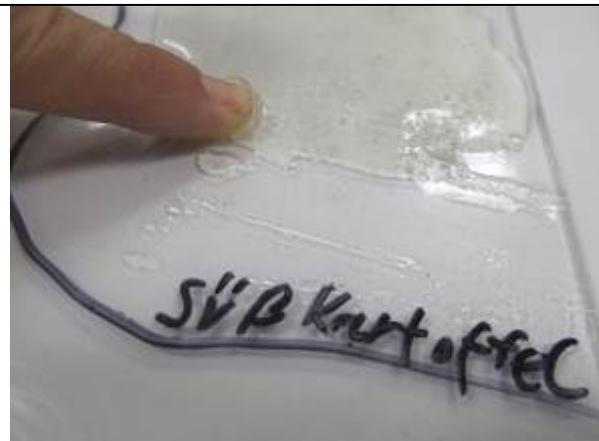
Wie kann ich Eiweißpulver herstellen?

Kann ich Stärke in einem Bioplastiksackerl nachweisen?

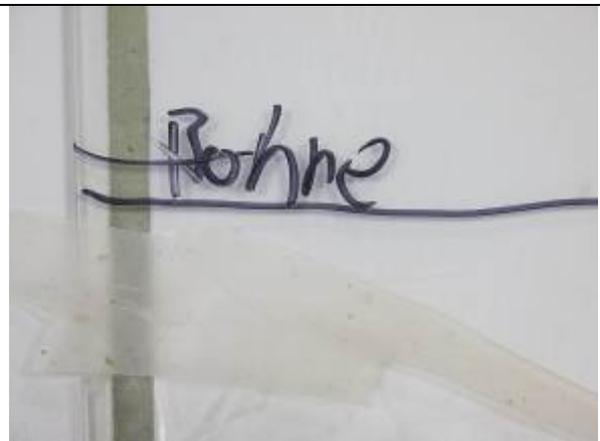
Wie lässt sich selbsthergestellte Stärkefolie einfärben?

Wie können Cellulosefasern gefärbt werden?

Kann aus isolierter Stärke auch aus anderen Pflanzenteilen als Kartoffelknollen Folie hergestellt werden?



Stärke aus Süßkartoffel lässt sich nicht zu Folie verarbeiten



Stärke aus Bohnen lässt sich zu Folie mit hervorragenden Eigenschaften verarbeiten

Vorname Familienname

Seitenzahl

Klasse, Katalognummer

Bearbeitungszeitraum

TITEL

Aufgabenstellung: Was sollte mit dem Versuch untersucht/erreicht werden? Was war die Frage?

Prinzip: Es ist anzuführen, auf welchen Grundlagen die Untersuchung resp. die Analyse beruht. Sofern eine chemische Reaktion angewendet wurde, darf die Reaktionsgleichung nicht fehlen.

Verwendete Reagenzien: Hier werden die verwendeten Chemikalien angeführt. Wichtig ist neben der Nennung auch eine Konzentrationsangabe! (z.B. Salzsäure $c(\text{HCl}) = 0,1 \text{ mol/L}$).

Verwendete Geräte: Auflistung der verwendeten Gerätschaften, ev. eine Skizze der Apparatur

Arbeitsdurchführung:

Die tatsächlich durchgeführten Arbeiten werden möglichst genau beschrieben. Dabei sind nicht etwaige Arbeitsvorschriften zu wiederholen, sondern die einzelnen Arbeitsschritte werden überwiegend im Passiv, im Praeteritum und in ganzen Sätzen dokumentiert. Auch Ihre Beobachtungen sind schriftlich festzuhalten.

Messergebnisse:

Alle Messdaten, die ermittelt wurden, sind (ev. tabellarisch) anzuführen. Gegebenfalls sind einzelne Werte nicht in die Berechnung miteinzubeziehen – führen Sie dazu Ihre Überlegungen an.

Berechnung:

Mit den ermittelten Messergebnissen wird gegebenenfalls das Ergebnis berechnet. Es sollen alle Teilschritte und Teilergebnisse angegeben werden. Die Berechnung muss in jedem einzelnen Schritt nachvollziehbar sein! Einheiten nicht vergessen!

Die Messergebnisse und die daraus berechneten Einzelergebnisse können im Protokoll auch in einer einzigen Tabelle zusammengefasst werden. Diese Tabelle steht unter dem Punkt „Messergebnisse“. Unter dem Punkt „Berechnungen“ stehen dann nur die allgemeinen Formeln für die Berechnung.

Eine Exceltabelle oder eine grafische Darstellung (z.B. die Titrationskurve oder die Kalibrierkurve) kann dem Protokoll auch als Beilage angeschlossen werden.

Ergebnis und Diskussion:

Zum Schluss folgt eine klare Angabe des Ergebnisses oder eine Antwort auf die gestellte Forschungsfrage.

Im Falle einer Ergebniszahl wird auf die Angabe der Genauigkeit besonderer Wert gelegt! Zwischenergebnisse sollten nicht gerundet werden, um zu große Rundungsfehler zu vermeiden. Erst das Endergebnis wird gerundet!

Anlage 8:

Beispiel 1

Versilberung von Eprouvetten (Tollensreaktion)

Beteiligte Schüler:

[REDACTED]

Arbeitsauftrag erhalten am: 9.1.2014
Protokoll abgegeben am: 21.1.2014
1. Abgabe

Aufgabenstellung:

Nach dem Prinzip der Tollensreaktion soll die Innenseite einer Eprouvette versilbert werden.

Prinzip:

Durch die Zugabe von verdünntem Ammoniak zu gelöstem Silbernitrat entsteht ein löslicher Diamminsilberkomplex, aus welchem sich beim Erwärmen im Wasserbad elementares Silber bildet. Dieses legt sich an der Innenwand der Eprouvette an.

Verwendete Reagenzien:

Silbernitrat fest; Fructose fest; Glucose fest; verdünnter Ammoniak (c=4mol/L); Deionat; verdünnte Schwefelsäure (4mol/L); Kaliumdichromat fest.

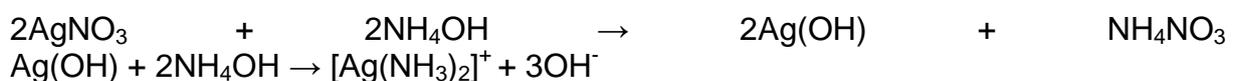
Verwendete Geräte:

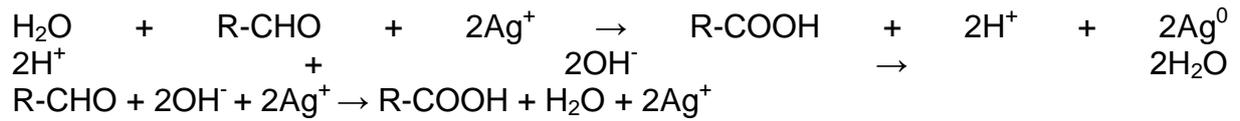
2 große Eprouvetten; Bunsenbrenner (groß); Vierbein mit Keramikplatte; Messzylinder (5mL; 10mL); Becherglas (3 mal 100mL; 1 mal 600mL);

Arbeitsdurchführung:

Die Eprouvetten wurden mit in Schwefelsäure gelöstem Kaliumdichromat ausgewaschen und somit entfettet. In den Bechergläsern wurden je 10-prozentige Lösungen von Silbernitrat, Glucose und Fructose in Wasser hergestellt. Das Wasser wurde mit Hilfe des Bunsenbrenners auf dem Vierbein im 600mL Becherglas bis zum Sieden erhitzt. Danach wurde in je eine Eprouvette 5mL Silbernitrat, welche mit verdünntem Ammoniak versetzt wurde, bis sich der braune Niederschlag von Silberammonium wieder gelöst hat, und entweder 3mL Glucose oder Fructose gefüllt. Nach dem Homogenisieren wurden die Eprouvetten ins Wasserbad gestellt, wo sich nach etwa 30 Sekunden ein Silberspiegel an der Innenseite bildete. Nach zu langem Verweilen im kochenden Wasser fängt der Silberspiegel an, sich wieder zu lösen.

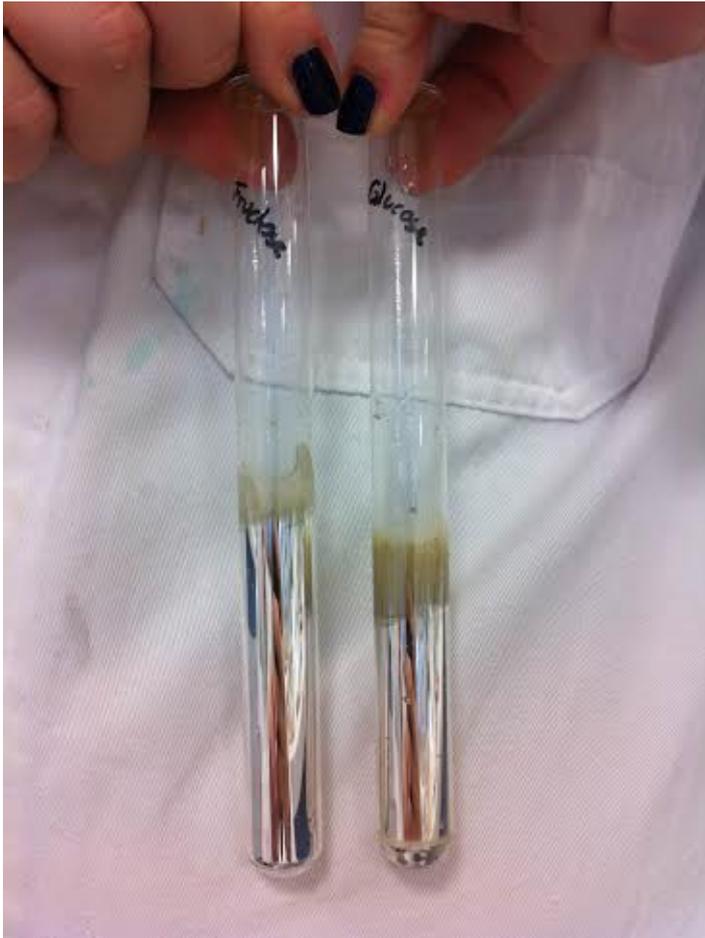
Reaktionsgleichung:





Ergebnis:

Wie man auf dem Foto gut erkennen kann, spiegelt man sich tatsächlich leicht in dem Silber, das sich auf der Epruvetteninnenwand anlegt. Außerdem sieht man auch gut, dass sich der Spiegel nur soweit bildet, wie die Probe im Wasser stand (bräunlicher Rand).



Beispiel 2:

Mikroskopie von Mais-, und Kartoffelstärke, Dinkelmehl

Proben erhalten: 28.11.2013

Protokoll abgegeben: 12.12.2013

1. Abgabe;

Aufgabenstellung:

Maisstärke, Kartoffelstärke und Dinkelmehl sind auf 3 Arten zu mikroskopieren: ohne Wasser, mit Wasser und mit Lugol'scher Lösung. Zugleich ist der Stärkenachweis mit Hilfe von Lugol'scher Lösung zu dokumentieren.

Prinzip:

Die zu untersuchende Substanz wird gegebenenfalls mit Wasser oder Lugol'scher Lösung auf einen Objektträger aufgebracht und mit einem Deckglas bedeckt, sodass der Kontakt des Objektivs mit der Probe ausgeschlossen werden kann. Danach werden Änderungen am Aussehen der Probe durch Hinzufügen von Flüssigkeiten beobachtet und notiert. Das Aussehen kann auch durch ein Smartphone festgehalten werden (fotografieren).

Verwendete Reagenzien:

reine Maisstärke; reine Kartoffelstärke; Dinkelmehl (Fini's Feinstes); Lugol'sche Lösung;

Verwendete Geräte:

Motic Schulmikroskop (Vergrößerungen: 40-fach, 100-fach und 400-fach bei 10-facher Vergrößerung des Okkulars); Objektträger; Deckgläser;

Arbeitsdurchführung:

Je nach Aufgabenstellung wurde die zu untersuchende Substanz mit Wasser, ohne Wasser, oder mit Lugol'scher Lösung auf den Objektträger aufgebracht und mit einem Deckglas bedeckt. Danach wurde in aufsteigender Vergrößerung mikroskopiert, und die Unterschiede zwischen den Stärke-, und Maissorten notiert.

Ergebnis:

Beim Stärkenachweis mit Hilfe von Lugol'scher Lösung ist eine schwarz-violette Färbung der zu untersuchenden stärkebeinhaltenden Substanz charakteristisch.

Maisstärke: ohne Wasser: eckige Teilchen erkennbar, farblos. Sichtbare Konturen, sonst durchsichtig. Kein Zusammenhalt zwischen den Teilchen.



mit Wasser: wie ohne Wasser, durch Zugabe von Wasser entsteht Vergrößerung der Teilchen (Quellung).



mit Lugol'scher Lösung: wie mit Wasser, schwarze bis violette Färbung erkennbar Nachweis von Stärke.



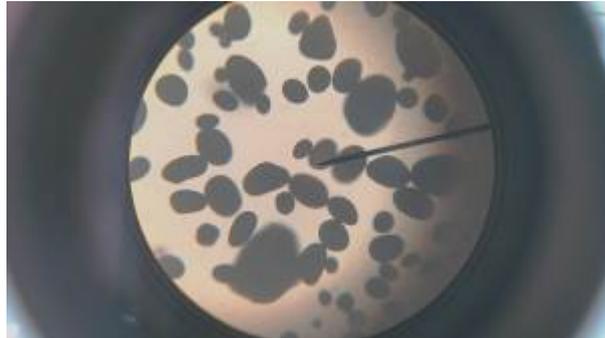
Kartoffelstärke: **ohne Wasser:** größere Teilchen als bei Maisstärke, eiförmig (runder), ebenfalls erkennbare Konturen und durchsichtige Innenkörper.



mit Wasser: wie bei Maisstärke, also ebenfalls wie ohne Wasser, Teilchen werden größer (Qellung).



mit Lugol'scher Lösung: wie mit Wasser, schwarze bis violette Färbung entsteht ebenfalls aufgrund der Stärke welche in der zu untersuchenden enthalten Substanz enthalten ist.



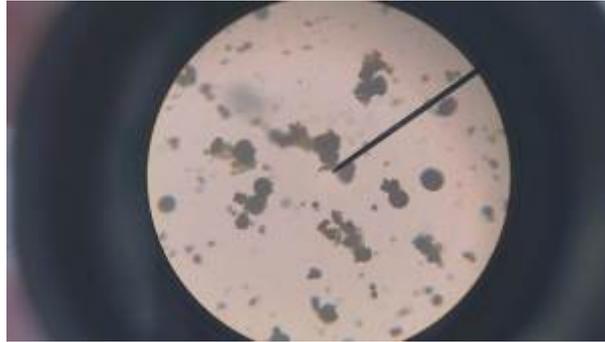
Dinkelmehl: **ohne Wasser:** sehr kleine Teilchen, jedoch Zusammenschluss deutlich erkennbar, ähnliches Aussehen wie Maisstärke, schlechte Sichtbarkeit von Konturen einzelner Teilchen, nicht durchsichtig, keine Sichtbarkeit von ganzen Stärketeilchen, da das Mehl mechanisch behandelt wurde (Mahlen).



mit Wasser: ebenfalls ähnlich wie ohne Wasser, Zerstreuung der größeren Teilchen erkennbar, bessere Durchsichtigkeit, daher auch bessere Erkennung von Konturen.



mit Lugol'scher Lösung: schwarze bis violette Färbung der Teilchen, wiederum bessere Sichtbarkeit von Konturen.



zu Dinkelmehl: Auf dem verwendeten Objektträger waren vermutlich noch Reste von Kartoffelstärke, daher sind auch besonders auf den Abbildungen von Dinkelmehl mit Wasser und Lugol'scher Lösung Teile von Kartoffelstärke sichtbar.

Lugol'sche Lösung:

Lugol'sche Lösung ist ein Synonym für Iod-Kaliumiodid-Lösung und wird hauptsächlich im Laborbetrieb Lugol'sche Lösung genannt. Da elementares Iod schlecht bis gar nicht in Wasser löslich ist, wird bei der Herstellung Kaliumiodid in Wasser gelöst.

Sie hat einen großen Anwendungsbereich der von der Medizin (als Desinfektionsmittel, zum Nachweis von Alzheimer bei einer Autopsie, zur kurzzeitigen Behandlung von Schilddrüsenüberfunktion) bis in die Lebensmittelchemie (Nachweis von Stärke und Chitin) reicht. Außerdem wird sie zum Ätzen von Gold verwendet.

Sie wurde 1835 vom französischen Arzt Jean Guillaume Lugol erfunden, nach dem sie auch benannt ist.

Quellen: <http://de.wikipedia.org/wiki/Iod-Kaliumiodid-L%C3%B6sung> [9.12.2013; 16:20]
<http://www.chemikalienlexikon.de/cheminfo/0266-lex.htm> [9.12.2013; 20:45]

Beispiel 3:

Herstellen von Kartoffelstärke

Probe erhalten: 13.02.2014

Protokoll abgegeben: 06.03.2014

Aufgabenstellung: Die Herstellung von Stärke aus Kartoffeln.

Prinzip: Das Zerkleinern und Pressen von Kartoffeln zur Stärkegewinnung.

Verwendete Reagenzien: Kartoffeln

Verwendete Geräte:

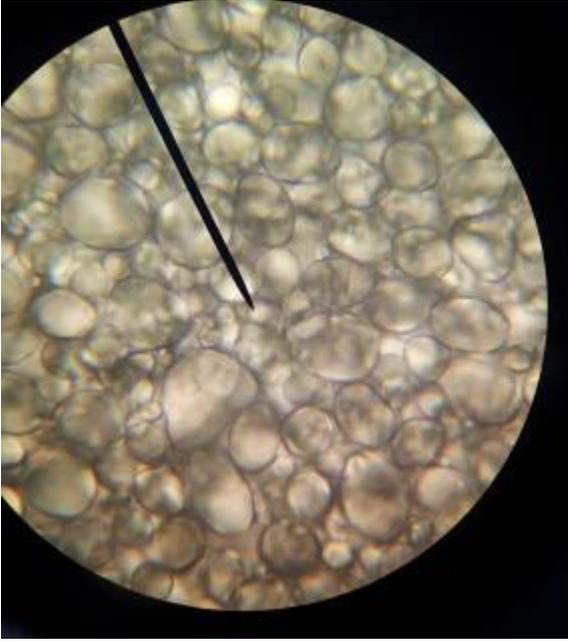
- Messer
- Reibe
- Stoffwindel
- Waage
- Uhrglas
- Trockenofen
- Mikroskop

Arbeitsdurchführung:

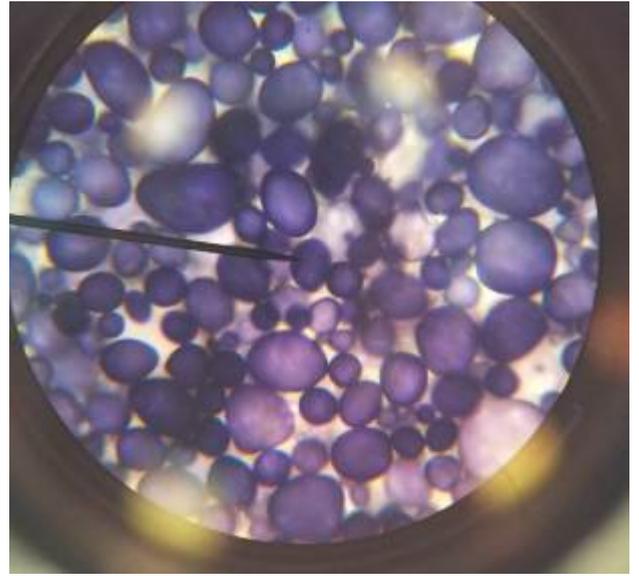
Zwei Kartoffeln wurden mit einem Messer geschält und gewogen. Danach wurden, mit Hilfe einer Reibe, die Kartoffeln gerieben und in einem 1000ml Becherglas aufbewahrt. Die geriebenen Kartoffeln wurden mit einer Stoffwindel zwei- bis dreimal gepresst.

Der erhaltene Saft wurde zehn Minuten stehen gelassen und danach von der am Boden liegenden Stärke getrennt. Die feuchte Stärke wurde mikroskopiert und im Trockenofen bei 50C° getrocknet. Nach einer Woche wurde die getrocknete Stärke ebenfalls mikroskopiert und gewogen.

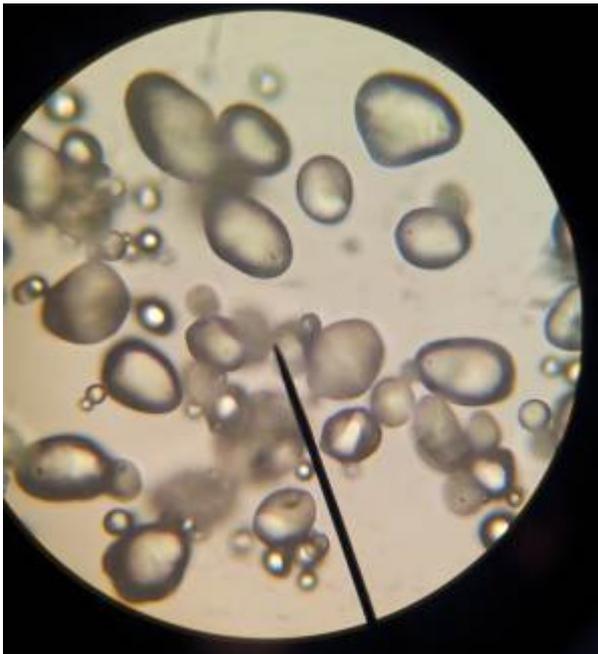
Der Versuch musste allerdings zwei Mal durchgeführt werden, weil beim ersten Mal das Trennen durch Verdampfen erfolgte und durch die Hitze die Stärkeketten zerstört wurden.



Stärke feucht



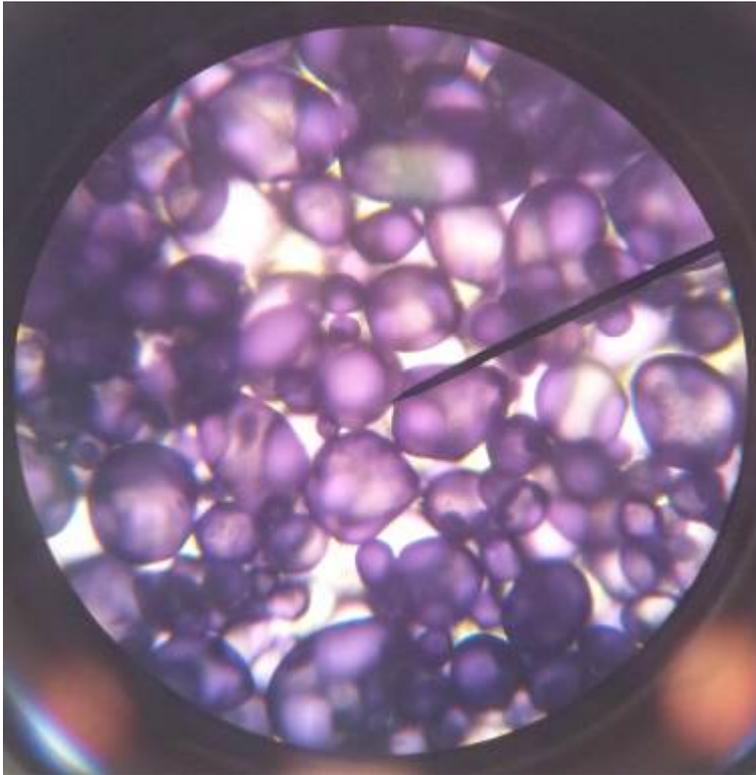
Stärke feucht mit Lugol-Lösung



Stärke getrocknet



Stärke getrocknet mit Deionat



Stärke getrocknet mit Lugol-Lösung



Stärke erhitzt und feucht



Stärke erhitzt und getrocknet

Messergebnisse:

$$m_{\text{Kartoffel}} = 365\text{g}$$

$$m_{\text{Stärke}} = 14,511\text{g}$$

Berechnungen:

$$w_{\text{Stärke}} = \frac{m_{\text{Stärke}}}{m_{\text{Kartoffel}}} = \frac{14,511\text{g}}{365\text{g}} * 100 = 3,98\%$$

Ergebnisse: $w_{\text{Stärke}} = 3,98\%$

Anlage 9: Interviews mit Schülerinnen und Schülern: Transkription und Kommentar

Es wurden zwei Schülerinnen und drei Schüler befragt, im Alter zwischen 16 und 17 Jahren. Die Interviews fanden am 27. Februar 2014 statt.

Zuerst wird eine allgemeine Beschreibung der beobachteten Laboreinheit vorangestellt, mit dem Fokus auf den in der Einheit eingesetzten Level von Inquiry.

Danach folgen die Ergebnisse aus den Interviews, mit dem Schwerpunkt auf die Aufgabenstellungen und deren Offenheit.

Im Anhang I folgen dann sonstige Themenbereiche, die in den Interviews angesprochen wurden.

Im Anhang II finden sich die Originalzitate, geordnet nach den Fragen aus dem Leitfaden.

1. Allgemeine Beschreibung des Levels der Aufgabenstellungen:

Die meisten Anleitungen waren sehr genau vorgegeben.

Bei einer Übung konnten die SchülerInnen die rezeptartigen Aufgabenstellungen variieren und eigene Ideen einbringen. Dies war bei der Erstellung der Folien aus Kartoffelstärke. Die SchülerInnen hatten die Folien in unterschiedlicher Dicke und aus unterschiedlichen Ausgangsmaterialien (gekaufte Stärke oder Kartoffeln) hergestellt und einige SchülerInnen waren auf die Idee gekommen, die Folien einzufärben. Viele der Folien waren bereits fertig hergestellt und wurden von den SchülerInnen mit einigem Stolz hergezeigt.

In den Protokollen sollte von den SchülerInnen eine Interpretation formuliert werden. Da die Protokolle zu Hause geschrieben werden, ist die Interpretation eine individuelle Aufgabe der einzelnen Schülerin, des einzelnen Schülers. Die SchülerInnen greifen dabei entweder auf bereits im Labor erhaltene Erklärungen durch die Lehrpersonen zurück oder sie recherchieren nach Erklärungen im Internet. Die Interpretationen wurden nicht von den SchülerInnen in Diskussionen und Argumentationen während des Unterrichts erarbeitet.

Die Arbeit an einer eigenen Forschungsfrage war noch von keiner Gruppe aufgenommen worden. Es war den SchülerInnen bekannt, dass sie gegen Ende des Labors eine eigene Fragestellung entwickeln sollen, der sie experimentell nachgehen können.

Die beobachteten Laborübungen am 27. Februar 2014 waren noch weitgehend auf Inquiry Level 0.

2. Ergebnisse aus den Interviews:

2.1. Vorbereitung auf eine Laborübung

Die Schülerinnen und Schüler haben in den vorangegangenen Laborübungen sehr genaue schriftliche und mündliche Anleitungen erhalten. Sie schätzen es, wenn sie die Anleitungen unmittelbar vor der Übung im Labor schriftlich erhalten und es zusätzlich eine genaue mündliche Einführung durch eine Lehrperson gibt.

Zitat: „Also ich find so ein Mittelding zwischen Zettel und erklären ist (----) besser, weil manchmal haben die Lehrer noch so Tricks, wie man das oder das besser machen kann und da noch was ändern kann. Wie beim Folienversuch, dass man es ins Sandbad stellt statt mit dem kochenden Wasser, weil das viel besser geht.“

Nur eine schriftliche Anleitung ohne mündliche Erklärung ist für einige der SchülerInnen fast zu herausfordernd.

Zitat: „Es ist schwieriger als voriges Jahr. Voriges Jahr haben wir den Zettel bekommen mit den Angaben, und die LehrerInnen haben es auch erklärt, die Angaben, und auch vorgezeigt, und heuer kriegen wir die Zettel mit der Angabe und wir sollen es dann selbst so machen nach der Angabe.“

Nur eine mündliche Anleitung ohne eine schriftliche Unterlage wäre für die meisten zu wenig. Sie möchten noch einmal nachlesen können. Sie merken sich nicht alles oder verstehen auch nicht alles, wenn es nur mündlich erklärt wird.

Von sich aus äußert niemand den Wunsch, sich auf die Übungen bereits zu Hause vorbereiten zu wollen. Selbst mit der konkreten Frage, ob eine Vorbereitung zu Hause Sinn machen würde, können die SchülerInnen nichts anfangen.

Zitat: „Zu Hause vorbereiten, ja manchmal schon, ja, wenn ich schon in der Schule begonnen habe und in der nächsten Woche weitermachen muss (-----) und sonst (----) kann ich das jetzt nicht genau beschreiben“.

Meine Interpretationen und Anregungen: Die SchülerInnen sind sich bei vielen Tätigkeiten noch unsicher. Sie schätzen genaue Anleitungen. Als NovizInnen ist es für sie hilfreich, von einem Experten, einer Expertin Hinweise oder sogar die Tätigkeiten vorgeführt zu bekommen. Sie sind es auch so gewöhnt. Zur Einführung in neue Methoden ist es eine angemessene Vorgehensweise. Ist es allerdings Ziel, die Aufgabenstellungen zu öffnen und die SchülerInnen zu mehr Selbstständigkeit zu führen, so sollte schrittweise von den sehr geschlossenen Anleitungen, die zur Einführung notwendig sind, zu offeneren Aufgaben übergegangen werden. Für diese kann es keine genauen Anleitungen mehr geben. Allerdings sollte für die SchülerInnen trotzdem klar sein, was ihre Aufgabe ist, welcher Zeitrahmen dafür zur Verfügung steht und was sie dabei lernen sollen (z. B. Kompetenzen im Bereich des Transferierens, des Anwendens, der Problemlösung, der Planung).

2.2. Selbstständiges Arbeiten im Labor

Die Möglichkeit, manche Aufgaben variieren zu können, wird von den SchülerInnen sehr unterschiedlich beschrieben: von enthusiastisch bis zögerlich-ängstlich.

Bei einigen SchülerInnen konnte dadurch das situative Interesse deutlich gesteigert werden:

Zitat: „Ja , ich find es toll, wir haben jetzt die Folie gefärbt, der normale Versuch wäre eben eine transparente Folie und das schaut einfach leiwander aus und macht mehr Spaß. Auch wenn man sagt, der Versuch steht eigentlich so da, aber vielleicht geht das auch noch, und das geht noch, so ein bisschen selber experimentiert und so und am Ende hat die Folie eh super gepasst! Und wenn es nicht hinhaut, oh mein Gott, macht man halt die nächste Folie.“

Andere schätzen genaue Anleitungen, sind sich unsicher.

Zitate:

„Ich war es so gewohnt, im ersten und zweiten Labor haben wir eine genaue Anleitung bekommen und mussten genau das machen. Deswegen ist es heuer ein bisschen ungewohnt. Weil ich mich eben auch nicht so gut auskenne. Aber ich frag dann halt immer jemanden aus der Klasse und der hilft mir dann, dann geht das schon.“

„Ich versuche es so zu machen, wie es im Skript steht. Bevor ich es falsch mache, will ich es schon nach dem Skript machen.“

Die Fähigkeit, bei Schwierigkeiten selbstständig neue Wege zu finden, wird durchgehend von allen als wichtige Kompetenz von HTL-AbsolventInnen gesehen. Die SchülerInnen erwarten, dass sie auch im Berufsleben eigenständig handeln müssen.

Zitate:

„Egal, wo du nachher bist, du brauchst Improvisation.“

„Ich glaub schon, dass das sinnvoll ist. Später im Berufsleben müssen wir auch eher selbstständig arbeiten.“

„Im Berufsleben wird auch nicht immer ein Skript vorliegen und da muss man halt auch selber handeln und so. Also das ist auch eine Erfahrung, die man sammelt und die man auch später im Berufsleben einsetzen kann.“

„Es ist wichtig, dass man auch selbstständig was machen kann. Dass man nicht immer angewiesen ist auf das, was andere Leute sagen.“

Nicht alle SchülerInnen fühlen sich kompetent genug, um eigenständige Lösungen zu finden und umzusetzen. Diejenigen, die dies bereits tun, fühlen sich durch die Möglichkeiten, die es in diesem Labor gibt, motiviert, was einerseits durch die ausführlichen Schilderungen der eigenen Arbeit sichtbar wurde, und andererseits auch direkt formuliert wurde:

Zitate:

„Ja, ich find es toll.“

„Durch diesen Stürkeeinschub, das fächert sich auf, da hat man viele Möglichkeiten, das ist viel interessanter, da kann man den Kleberzweig weiter, da geht es Folie färben, das ist viel schöner also, auch durch das Improvisieren und selber etwas dazu beitragen“.

Interpretation und Anregung: Offeneren Aufgabenstellungen werden von den SchülerInnen unterschiedlich gut angenommen, abhängig vom eigenen Kompetenzzempfinden, von der Stärke des eigenen Autonomiewunsches. Es ist nicht für alle SchülerInnen gleichzeitig der richtige Zeitpunkt, manche benötigen länger die Unterstützung von ExpertInnen und genaue Anleitungen. Eine Möglichkeit wäre, bei den ersten offeneren Aufgabenstellungen die SchülerInnen selber entscheiden zu lassen, wie weit sie sich von den Anleitungen entfernen wollen oder ob sie sich noch sehr nahe an die Vorgaben halten möchten. Es sollte nur klar sein, dass ein Entfernen möglich und erwünscht ist, und dass die Ergebnisse gut dokumentiert und interpretiert werden sollen, aber nicht perfekt sein müssen.

2.3. Schreiben der Protokolle und Formulieren der Interpretationen

Die Arbeit, die die SchülerInnen für das Labor üblicherweise zu Hause verrichten, ist das Schreiben der Protokolle und das Erarbeiten von Erklärungen oder Interpretationen. Sie arbeiten an einem Protokoll zwischen einer halben Stunde und zwei Stunden. Meist haben sie ein Protokoll pro Woche auszuarbeiten. Im Herbst waren es etwas weniger, dafür längere Protokolle.

Sie sollen in den Protokollen eine Erklärung, eine Interpretation der Versuche geben. Manchmal erhalten sie diese bereits mündlich von den Lehrpersonen in den Übungen, oft recherchieren sie zusätzlich im Internet. Bei einigen SchülerInnen klingt es sehr danach, als ob sie die Erklärungen unreflektiert übernehmen würden.

Zitate:

„Es gibt regelmäßig die Protokolle, durch das Internet tut man sich eh leichter, man erfährt eh schon die Hälfte in der Stunde, dass man es eigentlich nur mehr so reintippen muss.“

„Ich recherchiere im Internet für das Prinzip und wie das genau abläuft, warum das so ist, schau ich immer in Wikipädia oder suche mir Websites heraus.“

Manche der SchülerInnen können formulieren, dass sie nicht einfach Erklärungen aus dem Internet übernehmen, sondern dass sie selber überlegen müssen, ob die Erklärung für sie logisch erscheint, ob die Erklärung zu dem passt, was sie selber überlegt haben.

Zitate:

„Eigentlich brauch ich das Internet meistens. (----) das letzte was wir gemacht haben war das Fließverhalten von Stärkebrei nach der Zugabe von Zucker zum Beispiel. Da hab ich dann im Internet auch nachgeschaut, warum das so ist und so, weil wir das dann auch interpretieren sollten und dann habe ich noch einmal nachgeschaut, ob das überhaupt so stimmt, wie ich mir das vorstelle oder so.“

„Auf der Internetseite steht es gehört so und so und auf der nächsten steht etwas ganz anderes. Und dann so, was hört sich jetzt für mich glaubwürdig an und was durchs Nachdenken kommt meiner Theorie jetzt näher.“

Meine Interpretationen und Anregungen: Niemand von den SchülerInnen erwähnt, dass Erklärungen in Gruppen diskutiert werden oder dass argumentiert werden muss und Argumente verteidigt werden müssen. Es scheint so, als ob die Interpretation oftmals nur die Übernahme einer bereits vorgegebenen, plausibel klingenden Erklärung einer Lehrperson oder aus dem Internet ist. Die Chance, dass SchülerInnen bei der Diskussion der Versuche ihre Präkonzepte darlegen müssen und mit der Anwendbarkeit von Theorien gefordert sind, wird dadurch vergeben. Die Experimente sind daher eher auf Level 0 als auf Level 1 einzuordnen, auch wenn scheinbar die Interpretation den SchülerInnen überlassen bleibt. Den SchülerInnen bleibt die Erfahrung, dass „man“ schon weiß, warum das so ist, und dass es ihre Aufgabe ist, eine bereits bestehende, „richtige“ Interpretation möglichst gut wiederzugeben. Es könnte für die SchülerInnen bedeutsam sein, in Kleingruppen über unterschiedliche Erklärungen zu diskutieren, eventuell auf Basis von Concept Cartoons, die mehrere unterschiedliche Positionen von SchülerInnen bereits vorformulieren. Damit wären die SchülerInnen gefordert, eigene Theorien und Präkonzepte zu überdenken, deren Anwendbarkeit zu überprüfen und sich in Argumentieren und logischem Denken zu üben.

2.4. Forschungsaufgabe:

Die SchülerInnen hatten noch nicht die Gelegenheit, eine selbstständige Forschungsaufgabe durchzuführen. Erste Ideen gibt es bei einigen der Befragten, andere haben noch keine Ahnung, was sie da tun sollen oder können. Sichtbar wird, dass aus den bisher durchgeführten Experimenten weiterführende Fragen entstehen könnten.

Zitat:

„Er hat jetzt eine Forschungsfrage bekommen, mit dem Mischindikator, warum ist die Folie zuerst grün und dann wird sie rosa? Das ergibt sich meistens erst im Nachhinein.“

Anregung: Es wäre wichtig, hier gegen Ende des Labors noch einmal SchülerInnen zu befragen: Wie haben sie ihre Forschungsfrage gefunden? Welchen Sinn sehen SchülerInnen in solchen Aufgaben? Interessant wäre es auch, die entstandenen Arbeiten und Protokolle zu analysieren: Welche Fragen

wurden gestellt, gab es Hypothesenbildungen, wurden auf Theorien und Modelle bei Hypothesen und Interpretation zurückgegriffen?

Anhang I

Genauigkeit beim Arbeiten im Labor

Erst beim Lesen der Transkripte fiel auf, dass einige der SchülerInnen den Begriff „Genauigkeit“ vor allem auf das genaue Einwiegen bezogen haben.

Zitat: „Ich bin ziemlich genau, wenn wir da eine Angabe haben, von der Menge her, dann muss das bei mir genau sein.“

„Da haben wir Präzisionswaagen, extra mit luftzugdicht, also, und mit Glasfassade, dass ja kein Luftzug reinkommt, und ja nicht anfassen, weil das Fingerfett, das wiegt ja auch schon eine Tonne.“

„Beim Wassergehalt von Mehl, da geht es wirklich um Milligramm, da muss man sehr genau arbeiten.“

Sie haben mit dieser Art der Genauigkeit kaum Probleme. Es ist ihnen, wie im ersten Zitat vielleicht hörbar, sogar angenehm, dass es so genau zugeht.

Spannend in den Interviews war, dass eine Person, die als besonders „gute“ Lernende charakterisiert war, mit der Genauigkeit die größeren Probleme formuliert hat. Diese Person deutet den Begriff Genauigkeit sichtlich weiter als nur auf das genaue Einwiegen hin.

„Mit der Genauigkeit geht es mir nicht so gut. Ich weiß, dass das alles genau sein muss, aber meistens unterlaufen mir Fehler, und es ist nicht ganz so genau, aber im Großen und Ganzen geht es. Ich bin sonst sehr genau, aber irgendwie im Labor, da fällt mir das nicht so leicht. Man kann zu viel falsch machen.“

Betreuung im Labor

Die SchülerInnen antworten spontan, dass sie im Normalfall selbstständig an den Aufgaben arbeiten, aber dass es angenehm ist, wenn sie sich bei Problemen an LehrerInnen wenden können.

Ein durchgängiger Wunsch ist die Spezialisierung der Lehrkräfte: Die SchülerInnen geben an, dass sie von den Lehrpersonen erwarten, dass sie sich für einzelne Übungen gut vorbereiten, und dass sie dann Spezialisten für diese eine Übung sind und rasch Fragen dazu beantworten können. Es war auffallend, wie oft die SchülerInnen argumentiert haben, dass die Lehrpersonen dann besonders kompetent für die Betreuung dieser Übung seien.

Eine einzige Person hätte es vorgezogen, dass die gleiche Lehrkraft durchgehend für eine Gruppe verantwortlich ist.

Zusammenziehen der Noten für Theorie- und Laborunterricht

Einige SchülerInnen begrüßen dieses Zusammenziehen, da sie die schlechtere Chemienote mit der besseren Labornote scheinbar verbessern. Ein Schüler sieht keinen wesentlichen Unterschied zum alten System, er ist in beiden Fächern etwa gleich gut. Als Problem wird angegeben, dass bei einer negativen Note die Gesamtnote negativ ist, das wird von einer Person als ungerecht empfunden.

Gruppenarbeit

Die meisten SchülerInnen begrüßen das Arbeiten in der Gruppe. Einige geben an, dass es auf die Zusammensetzung der Gruppe ankommt.

Interessant war, dass ein Schüler, der als leistungsstark bekannt ist, die Arbeit in der Gruppe schätzt, da er sich dort besser absprechen kann und sich so sicherer fühlt.

Anhang II

Originalzitate

I: Wie bereiten Sie sich am liebsten auf eine Laborübung vor?

S: Also, wir kriegen erst im Labor, eigentlich was wir machen sollen und dann erklären die Lehrer meistens eh noch was, was ich gut find. Ich glaub ohne wär es manchmal echt kompliziert.

Also ich find so ein Mittelding zwischen Zettel und erklären ist (----) besser, weil manchmal haben die Lehrer noch so Tricks, wie man das oder das besser machen kann und da noch was ändern kann. Wie beim Folierversuch, dass man es ins Sandbad stellt statt mit dem kochenden Wasser, weil das viel besser geht. Eben so ein Mittelding.

Einen Zettel zum Nachlesen, weil man braucht das immer wieder, weil man kann sich ja nicht alles merken.

Wenn wir es erklärt bekommen. Ich verstehe es so besser. Anleitung allein finde ich nicht so gut, wie wenn wir es erklärt bekommen.

Und eben das Nachfragen, wenn man noch eine Frage hat, weil man es nicht ganz verstanden hat und (----) tut man sich viel leichter.

Also am besten ist, wenn die Lehrperson ein Skript austeilt und das mit allen also mit der Gruppe einmal durchbespricht, und danach kann man Fragen stellen, wenn man sich nicht auskennt, die werden dann beantwortet, und dann kann man sich selber noch einmal das Skript durchlesen. So ist es am besten.

Ich finde es am einfachsten eigentlich, wenn man sich's durchlesen kann, weil man immer wieder nachschauen kann.

Ich finde es besser, wenn man es am Zettel hat, weil dann kann man es noch einmal durchlesen. Und wenn die Lehrer das sagen, das ist manchmal so schnell, da kommt man nicht ganz mit.

Ich frage die Lehrer, oder wenn mir jemand aus der Klasse helfen kann.

Zu Hause vorbereiten, ja manchmal schon, ja, wenn ich schon in der Schule begonnen habe und in der nächsten Woche weitermachen muss (-----) und sonst (----) kann ich das jetzt nicht genau beschreiben

Ich schau was wir diese Stunde machen und was wir letztes Mal gemacht haben, wo ich aufpassen hab müssen, ob es da Kniffe sind oder so was, wenn mich Kollegen oder so was fragen

Es ist schwieriger als voriges Jahr. Voriges Jahr haben wir den Zettel bekommen mit den Angaben, und die LehrerInnen haben es auch erklärt, die Angaben, und auch vorgezeigt, und heuer kriegen wir die Zettel mit der Angabe und wir sollen es dann selbst so machen nach der Angabe.

I: Wie groß ist der Arbeitsaufwand zu Hause für dieses Labor?

S: Zu Hause müssen wir nur die Protokolle machen, also, was wir in der Schule gemacht haben, aufschreiben, und vielleicht auch ein bisschen recherchieren, wenn wir eine bestimmte Frage einbauen müssen.

Für die Protokolle $\frac{3}{4}$ Stunde, Stunde ungefähr;

aber so im Allgemeinen eine Stunde vielleicht;

Also wenn wir ein Protokoll aufkriegen, über das Experiment, also, das Protokoll machen, Recherchen, also, quasi hinterfragen, was man gemacht hat, halt, und warum, auch. Und das quasi ins Protokoll schreiben, die Berechnungen und so. Ich mach das Protokoll immer auf einmal, es gibt unterschiedliche Längen, ich brauch manchmal eine halbe Stunde, manchmal ein bisschen länger. S So in

etwa. Wenn es mehr Protokolle gibt, schaut man, wie man fertig wird, macht man ein Protokoll für nächste Woche, einer für übernächste Woche und so.

Wir müssen Protokolle schreiben, am Anfang war es so, dass wir nur einmal im Monat ein Protokoll schreiben mussten, jetzt haben wir eher kleinere Arbeiten, und da müssen wir mehr schreiben, da ist es so, dass wir fast jede Woche eines schreiben müssen. Aber dafür sind die Protokolle auch kürzer. Das ist unterschiedlich. Zum Beispiel für das letzte, das hat eine halbe Stunde gedauert. Aber wenn es längere sind, kann es schon sein, dass es zwei Stunden dauert.

Wir sollten im Internet zu Beginn zum Thema recherchieren, aber dazwischen hatten wir auch Laborstunden, und da konnten wir auch nachfragen. Jetzt ist es so, dass uns die Lehrer meist sagen, wie das funktioniert, das heißt, wir müssen jetzt nicht so viel nachschauen.

Arbeitsaufwand zu Hause geht eigentlich.

Ich finde das hängt davon ab, wie viele Protokolle wir zu schreiben haben bis zur nächsten Woche, weil manchmal sind es dann doch zwei oder drei, ein längeres, ein kürzeres;

Das kommt drauf an, welcher Versuch, wie viel wir gemacht haben. Ich kann das nicht abschätzen, ich merke mir das nicht.

Es gibt regelmäßig die Protokolle, durch das Internet tut man sich eh leichter, man erfährt eh schon die Hälfte in der Stunde, dass man es eigentlich nur mehr so reintippen muss

oder eine Recherche, wo man überhaupt nichts dazu findet, (lachen), an Anfang, dann sitzt man halt auch etwas länger. Ich habe eine Protokollvorlage, in die schreibe ich nur mehr hinein, was ich brauch und fertig

Eigentlich brauch ich das Internet meistens. (----) das letzte was wir gemacht haben war das Fließverhalten von Stärkebrei nach der Zugabe von Zucker zum Beispiel. Da hab ich dann im Internet auch nachgeschaut, warum das so ist und so, weil wir das dann auch interpretieren sollten und dann habe ich noch einmal nachgeschaut, ob das überhaupt so stimmt, wie ich mir das vorstelle oder so. Und dann habe ich herausgefunden, dass das eine nichtnewtonsche Flüssigkeit ist und dass sich der Zucker eben zwischen die Ketten irgendwie legt, also zwischen die Stärke und dadurch kann sich das nicht mehr verkeilen und bleibt flüssig.

Beim letzten Versuch haben wir also gehabt das Fließverhalten von Stärke und da mussten wir schauen, warum das bei Zugabe von Zucker wieder flüssig wird. Ich habe es versucht, im Internet zu finden, ich hoffe, es passt (Lachen).

Auf der Internetseite steht es gehört so und so und auf der nächsten steht etwas ganz anderes. Und dann so, was hört sich jetzt für mich glaubwürdig an und was durchs Nachdenken kommt meiner Theorie jetzt näher.

Ich recherchiere im Internet für das Prinzip und wie das genau abläuft, warum das so ist, schau ich immer in Wikipädia oder suche mir Websites heraus.

Zu den Interpretationen: Es wird in der Schule auch schon meistens gesagt, man kann auch die Lehrer fragen, wen man Hilfe braucht.

I: Wie wichtig ist Ihnen Genauigkeit beim Arbeiten im Labor?

S: (Lachen) Eigentlich sehr wichtig.

Ich bin ziemlich genau, wenn wir da eine Angabe haben, von der Menge her, dann muss das bei mir genau sein.

Bis auf das jetzt, (----) außer vielleicht beim Kartoffelschälen, oder Reiben, ob ich das bisschen jetzt dabei hab oder nicht, ist nicht so wichtig.

Beim Titrieren ist das natürlich schon wichtig. Hängt von der Arbeit ab.

Beim Wassergehalt von Mehl, da geht es wirklich um Milligramm, da muss man sehr genau arbeiten

Das habe ich noch immer nicht fertig, weil mein Mehl nicht konstant bleibt. Wir müssen das Mehl trocknen, so dass es konstant bleibt, jedes Mal, wenn man es wiegt. Und meins ist immer wieder: ich hab es auf 92, dann auf 91, dann 92, 91, 92, 91, jedes Mal wieder, ich weiß auch nicht. Aber schon seit knapp zwei Monaten. Ich geb es in den Trockenschrank, wieg es, habe 91, dann gebe ich es in den Exsikkator, 92, dann noch mal von Vorne, (lacht) weil es wieder Luftfeuchtigkeit annimmt, wird es wieder schwerer, das Mehl, und das ist ein bisschen blöd; aber man muss ja im Nachhinein, man muss das ja wiegen, bevor man verascht, und dann im Nachhinein den Aschegehalt messen. Das geht nicht, wenn ich nicht weiß, wie viel es vorher wiegt. Das muss so genau wie nur möglich sein.

Da haben wir Präzisionswaagen, extra mit luftzugdicht, also, und mit Glasfassade, dass ja kein Luftzug reinkommt, und ja nicht anfassen, weil das Fingerfett, das wiegt ja auch schon eine Tonne.

Genau sein ist nicht anstrengend, manchmal denke ich, wenn ich es ungenau mache, es passt wieder was nicht, oder so.

Ich versuche halt immer das beste herauszuholen, dass es halt genau wird. Und wenn es nicht genau wird, dann schreibe ich halt ins Protokoll, Bei mir ist das nicht genau geworden, aus dem und dem Grund. Und dann passt das auch für die Lehrerin. Und man kann ja, wenn es kein so langer Versuch ist, wiederholen.

Mit der Genauigkeit geht es mir nicht so gut. Ich weiß, dass das alles genau sein muss, aber meistens unterlaufen mir Fehler, und es ist nicht ganz so genau, aber im Großen und Ganzen geht es. Ich bin sonst sehr genau, aber irgendwie im Labor, da fällt mir das nicht so leicht. Man kann zu viel falsch machen.

I: Theorie und Laborunterricht werden heuer gemeinsam benotet, wie finden Sie das?

Eigentlich ist das schon gut, wenn man im Labor einen Einser oder Zweier hat, kann man sich ja quasi in Chemie verbessern. Weil es ja dann zusammenzählt, kann man den Schnitt und so heben.

Ja für diejenigen, die sich im Labor leichter tun, mit der ganzen Arbeit tun sich die leichter im Theorieunterricht, die können sich die Note ein bisschen hochpuschen. Jetzt haben wir einen Schwerpunkt so Zucker, Stärke und manche sind da noch nicht so richtig sattelfest und durchs Protokollschreiben tun sie sich ein bisschen leichter und tun sich so leichter mit einer Note, positiv zu bleiben,

Was ich aber schlecht finde ist, dass, wenn man in einem Teil davon negativ ist, ist man überhaupt negativ. Wenn man im Labor eine 1 hat und in Chemie eine 5, dann ist man negativ. Das find ich eigentlich schlecht. Weil wenn ich eine 4 und eine 1 hab, krieg ich 2,5, je nachdem, wie der Lehrer das empfindet, aber 5 und 1 wär auch eine 3.

Die meisten haben im Labor eine bessere Note als im Theorieunterricht und dadurch wird das gemischt und für manche ist es besser, dass das mit dem Theorieunterricht dadurch besser erscheint, aber ich glaub, dass es keinen großen Unterschied macht. Mir ist das egal, ob es nach dem alten oder dem neuen System zur Note kommt.

Ich finde, dass das nicht so richtig passt, weil die Theorie ist ja eigentlich Chemie. Und da machen wir nicht immer dasselbe, das wir auch im Labor machen. Und das finde ich eigenartig, überhaupt dass zwei Noten eigentlich zusammenkommen, finde ich komisch.

MMMMM, eigentlich nicht wirklich, sie nehmen die beiden Noten und, und ja, die Protokolle kann man ein zweites Mal abgeben und sich die Note verbessern. Es passt für mich.

Die Labornote ist meist die bessere. Die Protokolle, da hat man ja eine Woche oder zwei Zeit, da kann man dann wirklich, so genau wie möglich, das gestalten und dann eine gute Note kriegen.

I: Wie wünschen Sie sich die Betreuung im Labor?

S: Im Normalfall arbeiten wir sowieso allein, und dann Fragen halt, also, Fragen gibt es immer. Also ich mach es meistens so, alleine arbeiten und dann Fragen stellen, wenn irgendeine Frage auftaucht.

Ich finde es auch gut, wenn man so in einer Gruppe oder alleine arbeitet und in Ruhe arbeiten kann, und die Lehrer fragen kann.

Aber wenn ein neues Thema aufkommt, das man da sagt, da hat man einmal mit dem Lehrer die Einführung, und da kann man in der Gruppe oder Station, ja eben so, beim Neuanfang, also, wenn das Thema neu startet, dass man alles ordentlich erklärt, wenn man dann eh schon drin ist im Thema, dass man dann schaut, ob ich es alleine auch schaffe, das ich sag, ich mach das jetzt alleine, und wenn es wirklich ein Problem gibt, geh ich halt zum Lehrer und frag.

Also, die Lehrer sind für alle da. Ich finde es gut, wenn ein Lehrer für eine bestimmte Station zuständig ist, es ist nicht so, dass ein Lehrer dann drei Sachen wissen muss, es ist dann so, dass ein Lehrer die eine Sache weiß und ein anderer die andere. Und so weiß er dann auch mehr und kann es besser erklären.

Also, wenn ein Lehrer ein Thema betreut, das finde ich besser, weil sie sich dann meistens erstens das Thema genauer anschauen können, und dann weiß er auch wirklich, und so, wenn er jedes Thema macht, dann vergisst er vielleicht auch irgendwas und so, kann ja auch passieren,

Ansonsten finde ich, dass es halt, wenn es ein Thema also gibt und ein Lehrer steht da und einer steht dort, das wir in Gruppen aufgeteilt sind, ist meistens auch das Einfachste für uns Schüler. Dass pro Thema ein Lehrer zuständig ist.

Wie wir die Spektroskopie gemacht haben, war es schon gut, dass es dafür einen Lehrer gegeben hat und der uns Anweisungen gegeben hat. Also das war schon gut. Weil er immer hier war und uns auch mit den Geräten geholfen hat. Das war schon super, ja. Also schon besser, wenn bei einer Station ein Lehrer ist und man den immer wieder fragen kann.

Ich gehe bei Fragen zu der Lehrkraft, die es mit aufgetragen hat. Weil die dann am schnellsten eine passende Antwort geben kann weil die ja weiß, um was es geht. Und der andere Lehrer müsste sich das ganze Skript anschauen, oder um was es da genau geht.

Ja alle kennen sich super aus, ja alle gleich, ja vom Charakter her ein bissl unterschiedlich, aber, was, ja. Alles super, passt.

Jeder Lehrer hat seine eigene Art und Weise, es zu erklären oder Fragen zu beantworten, dann gibt es die sofortige Antwort, dann „na denk einmal drüber nach“ (lachen), oder, ja, gibt immer verschiedene halt, jeder reagiert irgendwie anders drauf. Leise: ich finde die sofortige Antwort besser (lachen); Einfacher; aber manchmal sind die Antworten eh so logisch – aja, so ist das! aber man kommt selber halt nicht darauf.

Mir wäre es lieber, wenn ein Lehrer ständig für mich da wäre.

I: Was halten Sie davon, dass Sie jetzt als SchülerInnen ein bisschen selbstständiger arbeiten, selber Fragen stellen, selber etwas ausprobieren? Soll das an einer HTL gelernt werden?

S: Finde ich eigentlich gut.

Ja, ich finde es toll, wir haben jetzt die Folie gefärbt, der normale Versuch wäre eben eine transparente Folie und das schaut einfach leiwander aus und macht mehr Spaß. Auch wenn man sagt, der Versuch steht eigentlich so da, aber vielleicht geht das auch noch, und das geht noch, so ein bisschen selber experimentiert und so und am Ende hat die Folie eh super gepasst! Und wenn es nicht hin haut, oh mein Gott, macht man halt die nächste Folie.

Es war halt so, nachdem wir die Folie eingefärbt haben, haben viele gesagt, ich will das auch machen! Einfach weil es schon viel besser aussieht und dabei mehr Spaß macht.

Die meisten haben es so gemacht, dass sie, also man braucht insgesamt 11 Gramm von der Stärke, dass sie nur die gekaufte Stärke nehmen, obwohl eigentlich steht, man soll selbst produzierte, die feuchte aber, nicht die getrocknete Kartoffelstärke und die gekaufte, so halb halb. Wir haben das so probiert, dass wir es eben halb halb gemacht haben. Unterschiede haben wir nicht festgestellt, schauen beide gleich aus, und gleiche Fähigkeiten.

Beim Kleber war viel Improvisation gefordert, das kann man machen und das kann man machen, aber von der chemischen Seite hat man beim Kleber nicht viel ändern können. Aber es geht darum: Es steht man soll einen Holzrahmen verwenden und eine Hebebühne, damit der Tank weiter oben steht. Wir hatten keine Holzrahmen, und hatten keine Hebebühne, also musste ein Kübel herhalten, wo eine Windel drübergespannt war, mit einem Kabel fixiert, die Hebebühne war ein Mistkübel, wo dann der Kübel draufstand und der Kanister, wo das Wasser drin war, stand halt oben am Tisch. Also Improvisieren (lacht).

Ja sicher, weil das braucht man immer. Egal, wo du nachher bist, du brauchst Improvisation.

Ich versuche es so zu machen, wie es im Skript steht. Bevor ich es falsch mache, will ich es schon nach dem Skript machen.

Ich war es so gewohnt, im ersten und zweiten Labor haben wir eine genaue Anleitung bekommen und mussten genau das machen. Deswegen ist es heuer ein bisschen ungewohnt. Weil ich mich eben auch nicht so gut auskenne. Aber ich frag dann halt immer jemanden aus der Klasse und der hilft mir dann, dann geht das schon.

Im Berufsleben wird auch nicht immer ein Skript vorliegen und da muss man halt auch selber handeln und so. Also das ist auch eine Erfahrung, die man sammelt und die man auch später im Berufsleben einsetzen kann.

Wir haben gemeinsam eine getrocknete Folie genommen, die haben wir dann in Wasser aufgelöst, so dass die Farbe rauskommt, weil sie hat von der Frau Professor irgend so ein Pulver bekommen zum Einfärben und mit diesem gefärbten Wasser haben wir dann den Versuch gemacht. Vorher war es lila, jetzt ist es Hellrosa. Die Folie muss jetzt noch trocknen, zwei Tage dauert das, und nächste Woche schauen wir uns das dann an.

Letztes Jahr war es so: wir haben es abgelesen und haben es machen müssen. Das hat mich eigentlich weniger interessiert. Heuer ist es schon besser, finde ich.

Ich glaub schon, dass das sinnvoll ist. Später im Berufsleben müssen wir auch eher selbständig arbeiten. Vielleicht ist das jetzt schon ein gutes Training. aber (----)so genau kann ich das nicht beurteilen.

I: Haben Sie das Gefühl, in Richtung eigenes Forschen gehen zu dürfen?

S: (-----) es ist schwer zu erklären. Also, bei der Kartoffelfolie geht das nicht. Beim Fließverhalten habe ich halt ausprobiert, ob es mit Kartoffelstärke genauso funktioniert oder so, und (---) haut auch hin. Wird auch fest, wenn man darin herumrührt. Man braucht mehr Wasser und weniger Zucker, damit es wieder flüssig wird.

Ich mein, manchmal hat man schon die Möglichkeit, aber so (---)

Er hat jetzt eine Forschungsfrage bekommen, mit dem Mischindikator, warum ist die Folie zuerst grün und dann wird sie rosa? Das ergibt sich meistens erst im Nachhinein.

Warum wird die Folie so reißfest? Also die Folie habe ich extra dick aufgetragen, beim allerersten Versuch haben wir sie wirklich hauchfein aufgetragen, die ist sofort eingerissen, die hat man nur angeschaut und sie ist gerissen, also, und dann haben wir ein Zentimeterdick, extra dick aufgetragen, damit die wirklich was hält. Und, ja, es hält auch.

Wir haben jetzt das Thema Stärke und ich glaub, dass wir da am Ende selber was machen müssen, von dem wir denken, dass uns das interessiert.

I: Würde als Beruf „Forschen an der Universität“ für Sie in Frage kommen?

S: Also mich würde reizen Chemie studieren, aber ich muss die Schule erst einmal schaffen.

Zuerst will ich mal die Schule fertig mache. Studieren, ich weiß nicht, was sich so ergibt.

Ich möchte Wirtschaft studieren.

Ich hab schon einmal überlegt, ob ich in ein Labor gehen soll, aber die Entscheidung ob Labor oder Kunststoff, das weiß ich noch nicht. Ich bin erst in der Dritten, da habe ich noch Zeit.

Ich glaub schon, dass ich studieren will, nach der Schule noch, aber ich weiß nicht, ob ich dann forschen will. Eher mit Wirtschaft, aber so genau habe ich das noch nicht überlegt.

I: Was war Ihnen im Labor besonders wichtig oder hat sie besonders gestört?

Anfangs waren die Versuche sehr plump und eintönig. Das hat ein bisschen geschlaucht. Titrieren war wirklich Stehen und Starren. Immer das Selbe. Durch diesen Stärkeeinschub, das fächert sich auf, da hat man viele Möglichkeiten, das ist viel interessanter, da kann man den Kleberzweig weiter, da geht es Folie färben, das ist viel schöner also, auch durch das Improvisieren und selber etwas dazu beitragen, ich mein, Titrierkolben färben, jaaaa, kommt nicht gut. Aber das finde ich viel besser, ist viel interessanter, macht viel mehr Spaß, aber auch Gruppenarbeiten : Titrieren zu zweit ist doppelte Langweiligkeit, es wird – oh, es ist doch noch nicht, ... also, das ist viel besser, viel angenehmeres Lernen.

Ich finde es auch gut, wenn man Abwechslung hat, weil es einfach mehr Spaß macht, dass wir das mit dem Mehl nebenbei machen können, dürfen, ist eigentlich gut, weil, es geht sowieso nicht, dass alle auf einmal veraschen oder es wird nicht gleich konstant. Die Stärke ist eigentlich wirklich breit gefächert.

Das hängt auch davon ab, was man gerade macht. Aber letztes Jahr war es so, dass wir fast das ganze Jahr dasselbe gemacht haben. Da haben wir Proben bekommen und da mussten wir herausfinden, was drinnen ist. Und heuer haben wir eher kürzere Arbeiten – mir macht das heuer mehr Spaß.

Es war abwechslungsreicher, es hat mir gut gefallen.

Es ist schwieriger als letztes Jahr. Aber es ist schon besser. Früher oder später muss man selbstständig arbeiten, nicht immer abhängig sein von anderen.

Es ist wichtig, dass man auch selbstständig was machen kann. Dass man nicht immer angewiesen ist auf das, was andere Leute sagen.

Mit der Forschungsfrage, da muss man recherchieren. Das ist schon schwer eigentlich. Weil man sich auch etwas suchen muss. Und nicht alles drüber weiß, zum Beispiel.

Ich finde es gut, dass wir einen englischsprechenden Lehrer haben. Das fand ich gut.

Vor einigen Woche war es etwas unklar, wer was übernehmen sollte. Das ist jetzt besser, die Einteilung ist besser geworden.

I: Gruppenarbeit oder nicht?

Kommt ganz drauf an, wer in der Gruppe ist. Muss ich wirklich sagen. Leiwand sind die, die wissen auch was, die machen was, mit denen kann man arbeiten. Aber wenn man weiß, hhhh, kann ich eh wieder alleine arbeiten, also, die gibt es immer, die paar, die einfach nur herumstehen. Oder ständig nur Blödsinn machen.

ja also, was manchmal im Labor vorkommt, ist, dass einfach keine Arbeit da ist, dass man herumsteht und nichts tut,

Es ist halt leider manchmal das Problem an Gruppenarbeiten, was mir halt auffällt, dass einer arbeitet oder zwei und dann steht einer da und macht den ganzen Tag nichts, das ist halt schade, aber so.

Das sieht man auch an den Protokollen, manchmal, aber, ja.

Manchmal muss man nur ein Protokoll abgeben als Gruppe. Letztes Mal wie wir zu sechst ein Protokoll abgeben mussten, haben zwei Leute das Protokoll geschrieben.

Ich finde es super, dass man mit Kollegen zusammenarbeiten kann.

Ich finde es besser, weil es weiß ja nicht jeder Schüler alles und so sind drei Schüler, die vielleicht was anderes wissen, dass man so vielleicht besser zusammenarbeiten kann, ist das Ergebnis auch besser.

Ich arbeite lieber in Gruppen. Da kann man sich besser absprechen. Mir fällt das eben leichter, in Gruppen. So fühle ich mich sicherer, dass ich keine Fehler mache.