

MASTERARBEIT / MASTER'S THESIS

Titel der Masterarbeit / Title of the Master's Thesis

„Chemieunterricht an extremen Orten unter extremen
Bedingungen“

verfasst von / submitted by

Michael Ogrodnik BEd

angestrebter akademischer Grad / in partial fulfilment of the requirements for the degree of
Master of Education (MEd)

Wien, 2023

Studienkennzahl lt. Studienblatt /
degree programme code as it appears on
the student record sheet:

A UA 199 504 511 02

Studienrichtung lt. Studienblatt /
degree programme as it appears on
the student record sheet:

Masterstudium Lehramt Sek (AB) Lehrverbund
Unterrichtsfach Chemie Lehrverbund
Unterrichtsfach Geschichte und Politische Bildung
Lehrverbund

Betreut von / Supervisor:

Univ. Prof Dr. Michael Alfred Anton

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	2
Danksagung	5
1. Fragestellung	6
2. Einleitung.....	6
2.1 Ocean College	6
2.2 Reiseroute	7
2.3 In den Medien	8
3. Rahmenbedingungen des Schulunterrichts auf einem Segelschiff	9
3.1 Kommunikation	9
3.2 Hierarchie und Chain of Command	10
3.3 Tagesablauf.....	13
3.4 Wachsystem	14
3.5 Unterkunft	15
3.6 Zusammenleben mit den SchülerInnen	16
3.7 Rituale an Bord	16
4. Pädagogischer und Didaktischer Hintergrund.....	18
4.1 Erlebnispädagogik	18
4.2 Außerschulische Lernorte.....	19
4.3 Experimenteller Chemieunterricht.....	20
4.4 Das Experiment	22
4.5 Fehlerkultur beim Experimentieren	23
4.6 Pädagogischer Ansatz laut Eigenbeschreibung von Ocean College	23
4.7 Besondere Schulbedingungen in Pandemiezeiten	24
4.8 Der Mensch als Gewohnheitstier	24
5 Chemieunterricht an Bord.....	25
5.1 Komplikationen für den Unterricht auf Grund der Rahmenbedingungen	25
Klassenzimmer:	25
Unterrichtsvorbereitung	27
Unterrichtsumsetzung.....	27
Allgemeine Organisation	28

Arbeitsatmosphäre.....	29
5.2 Übersicht über den Chemieunterricht an Bord.....	29
6. Chemiestunden	33
6.1 Chemiestunde: Allgemeine Grundlagen II.....	33
Vorbereitung:	33
Schriftliche Wiederholung zu Verbindungen, PSE und Summenformel	34
Umsetzung.....	34
Fachdidaktische Analyse	35
6.2 Chemiestunde: Stofftrennung.....	35
Schriftliche Wiederholung zum Schulstoff der vorangegangenen Chemiestunde:	35
Planung.....	36
Umsetzung:.....	37
Fachdidaktische Analyse	40
Anhang zur Chemiestunde Stofftrennung:.....	40
6.3 Chemiestunde: Luminol und Chemolumineszenz	41
Planung:.....	41
Umsetzung:.....	42
Didaktische Analyse:.....	44
6.4 Zusätzliche Chemieeinheit: Schwefel und Obsidian.....	44
Versuch Schwefel, Schwefeloxid und Schwefelige Säure.....	45
Weitere Experimente mit Schwefel:	45
Versuche zu Obsidian:	46
Didaktische Analyse:.....	46
6.5 Zusätzliche Chemieeinheit: Physikalische Chemie	47
Hintergrund:	47
Planung und Umsetzung:	47
6.6 Zusätzliche Chemieeinheit: Chemieunterricht in Quarantäne, mitten im Dschungel und abgeschnitten von der Außenwelt.	48
Eine Beschreibung der Ausgangssituation:	48
Aktivkohle: Adsorption, Wasserreinigung und Medikament:	49
Schülerversuch Aktivkohle + Coca Cola.....	49
Schülerversuch Aktivkohle + Rotwein	49
Weitere praktische Anwendung:.....	50
Didaktische Auswertung.....	50
7. Gescheiterte Experimente.....	50
7.1 Kristalle züchten	50

7.2 Elefantenzahnpasta	51
7.3 Glasblasen	51
7.4 Wachsstichflamme	52
7.5 Ölbrand.....	53
8. Protokolle	53
9. Analyse der Fragebögen und Umfragen.....	55
9.1 Entstehung und Hintergrundinformation zu den Fragebögen.....	55
9.2 Statistische Auswertung der Fragebögen.....	56
9.3 Interpretation der statistischen Auswertung der Fragebögen.....	57
9.4 Auswertung Qualitatives Feedback.....	58
10. Science Pathway Forschungsprojekt	58
10.1 Messungen mittels CTD Sonden.....	59
10.2 Umsetzung der CTD Sonden Messungen	60
10.3 Messungen mittels Spektrometer.....	60
10.4 Kunststoffuntersuchungen	60
Umsetzung:.....	61
Durchführung:	61
11. Fazit	64
12. Objektivitäts- und Eigenständigkeitserklärung	66
13. Literatur	67
14. Quellen	69
15. Abbildungsverzeichnis	70
16. Anhang.....	71
Anhang 1: Zusätzliche Chemieeinheit Physikalische Chemie	71
Anhang 2: Feedbackbogen: Benotung von Michi.....	72
Anhang 3: Beispiele von Versuchsprotokollen zur Chemiestunde „Stofftrennung“:.....	73
Anhang 4: CTD- Sounder instructions	77
Step by step instructions on how to use and deploy the CTD-Sounder using the Ocean College Method on a moving vessel	77
Step by step instructions on how to use and deploy the CTD-Sounder using the Ocean College Method for deep sea measurements on a stationary vessel.....	86
Analysing the Data from the CTD sounder	87
Acknowledgements	88
Anhang 5: Qualitatives Feedback der SchülerInnen zum Unterricht (Chemie, Biologie und Physik in einem)	89
Anhang 6: Abstract	93

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei allen bedanken, die mich vor und während dem Verfassen dieser Masterarbeit unterstützt haben.

Ich möchte mich bei meiner Familie herzlichst bedanken, insbesondere meinen Eltern Barbara Wolska-Ogrodnik und Czesław Ogrodnik, meinem Bruder Emil Ogrodnik sowie meiner Großmutter Alfreda Wolska. Ihre jahrelange Unterstützung und Geduld haben mir das Schreiben dieser Arbeit erst ermöglicht.

Weiters möchte ich mich bei Herrn Werner Schalko bedanken, der mein Interesse für Chemie entdeckt sowie gefördert hat. Dank seiner Begeisterung, seinem Einsatz und seinem Mentoring bin ich zu dem Chemielehrer geworden, der ich heute bin.

Dankbar bin ich ebenfalls meinen zahlreichen Freunden in Wien und der gesamten Welt, die mich in dieser anspruchsvollen Verfassungszeit dieser Arbeit bei guter Laune gehalten und stetig zur weiteren Arbeit motiviert haben.

Mein großer Dank gilt ebenfalls meinem Betreuer bei dieser Arbeit, Herrn Michael Anton. Seine Tipps, Weisungen und Hilfe sowohl während der Reise, als das genaue Thema dieser Arbeit noch nicht feststand, als auch beim Verfassen dieser Masterarbeit waren Gold wert. Ich möchte mich ebenfalls bei Herrn Phillip Spitzer bedanken, der mir in der Anfangsphase und Planung dieser Arbeit sehr geholfen hat.

Abschließend möchte ich mich bei allen Crewmitgliedern und MitarbeiterInnen von Seas Your Future und Ocean College bedanken, allen voran Johan Kegler. Ohne ihr Vertrauen, die hervorragende Zusammenarbeit und ihren Einsatz wäre diese Masterarbeit nie zu Stande gekommen.

Michael Ogrodnik, Wien 29.5.2023

1. Fragestellung

Wie kann didaktisch moderner, schülerzentrierter, experimenteller und hochqualitativer Chemieunterricht auf einem fahrenden Segelschiff mit einer heterogenen SchülerInnengruppe umgesetzt werden?

Welche Anforderungen erweisen sich als essenziell für einen erfolgreichen Unterricht unter solchen Bedingungen?

Hypothese: „Didaktisch moderner, schülerzentrierter, experimenteller und hochqualitativer Chemieunterricht ist auch unter Extrembedingungen an extremen Orten möglich.“

2. Einleitung

„Fortuna fortes adiuvat“

Römisches Sprichwort

2.1 Ocean College

Bei Oceancollege handelte es sich um ein Bildungsprojekt, vergleichbar mit einem Auslandssemester für 35 SchülerInnen im Alter von 14-19 Jahren aus dem deutschsprachigen Raum. Die SchülerInnen segelten im Schuljahr 2021/2022 6 Monate lang auf dem Traditionssegelschiff „Pelican of London“ von Kiel nach Costa Rica und retour. Hierbei wurden sie durchgehend von einem professionellen Team aus 7-10 Seeleuten und 3 LehrerInnen betreut und unterrichtet. Die SchülerInnen arbeiteten täglich mindestens eine Wache (4 Stunden) und hatten von Montag bis Samstag täglich 4 Stunden regulären Unterricht. Einen besonderen Schwerpunkt des Unterrichts stellte die Einbindung des außergewöhnlichen Umfelds und des Alltages dar. Zusätzlich wurden die SchülerInnen in alle anfallenden Arbeiten an Bord eines Schiffes eingebunden, wie Deck schrubben, Reparaturen durchführen, Kochdienste in der Kombüse, Segelmanöver, Forschungs- und Vertiefungsprojekte etc. an.¹

¹ Johan Kegler, Prinzip von Ocean College <https://oceancollege.eu/de/schule-auf-dem-schiff/> abgerufen am 22.5.2022.

Im deutschsprachigen Raum gibt es mit dem „Segelnden Klassenzimmer“ auf der „Thor Heyerdahl“ und dem „High Seas Highschool“ auf der „Alexander von Humboldt“ mehrere vergleichbare und lange etablierte Projekte, die ebenfalls Schulunterricht auf einem Segelschiff auf einer ähnlichen Route anbieten. Der praktische Teil dieser Arbeit wird sich auf den Ocean College Törn 2021/2022 beziehen, an dem ich als Lehrer für Chemie, Biologie und Physik, sowie als Leiter des Forschungsprojektes teilnahm.

Diese Masterarbeit beschreibt zunächst die allgemeinen Lebens-, Arbeits- und Unterrichtsbedingungen auf der „Pelican of London“ im Verlauf der Reise 2021/2022. Anschließend erfolgt eine Analyse des didaktischen und pädagogischen Hintergrunds. Im praktischen Teil werden einige exemplarische, gehaltene Chemiestunden sowie freiwillige, chemische Zusatzstunden beschrieben. Dieser Hauptteil befasst sich vorwiegend mit dem betitelten, aktiven und experimentellen Chemieunterricht unter Extrembedingungen. Hierbei wird sowohl der umgesetzte Unterricht wie auch die Vorbereitung und die gescheiterten Experimente beschrieben. Zusätzlich wird ein Einblick in den „Science Pathway“ und die am Schiff laufenden, naturwissenschaftlichen Forschungsprojekte geliefert, welche von besonderer Bedeutung für den naturwissenschaftlichen Unterricht waren. Zum Abschluss erfolgt eine fachdidaktische Auswertung anhand von Fragebögen und Umfragen der teilnehmenden SchülerInnen.

Diese Arbeit ist vermutlich unter den ersten wissenschaftlichen Abhandlungen, die sich mit Chemiedidaktik auf einem sechsmonatigen Segeltörn beschäftigen. Viele der hier beschriebenen, situationsbedingten Methoden und Unterrichtsdurchführungen befinden sich daher in ihren Pionierschuhen. Viele Situationen sind mit den Standardbedingungen in herkömmlichen europäischen Schulen nicht vergleichbar. Daher werden in dieser Arbeit auch die Gedanken und Überlegungen des Verfassers als wesentlicher Bestandteil angesehen und zwecks Lesbarkeit aus der 1. Person geschildert. Dadurch lässt sich ebenfalls ein Einblick in den emotionalen Aspekt der Beziehungen zwischen LehrerInnen und SchülerInnen gewähren.

2.2 Reiseroute

Im Zeitraum vom 28. September 2021 bis 3. April 2022 wurden etwa 14 800 Seemeilen (26 627km) zurückgelegt, was in etwa 2/3 des Erdumfanges (40 000km) entspricht. In der folgenden Abbildung 1 befindet sich eine Darstellung der Reiseroute mit den angefahrenen Häfen. Die Reise von Deutschland nach Costa Rica ist in der Abbildung 1 grün eingezeichnet und verläuft in etwa entlang den historischen Routen des Transatlantischen Handels. Die „Pelican of London“ war als traditionelles Segelschiff, maßgeblich an Strömungen und den Passatwind angewiesen.

„Go south, until the butter melts, then turn west until you reach land.“

Seemannsweisheit

Die rot eingezeichnete Route der Rückreise entspricht ebenfalls dem historischen Vorbild aus den Zeiten des Dreieckshandels. Die blauen Lokalisationsmarkierungen zeigen Häfen mit Landgang an.

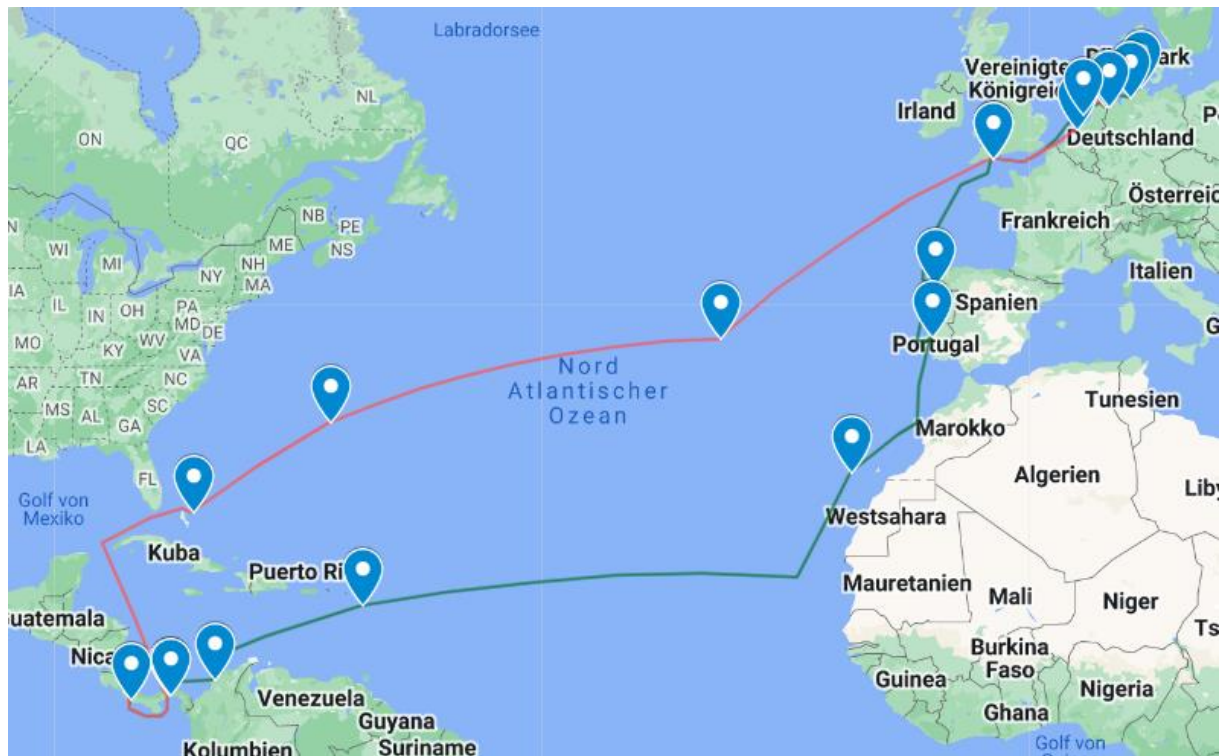


Abbildung 1 Reiseroute des Ocean College Törns 2021/2022. In grün ist die Reise von Deutschland nach Costa Rica eingezeichnet. In rot ist die Rückreise von Costa Rica nach Deutschland eingezeichnet. Die angelaufenen Häfen sind zusätzlich blau markiert.

2.3 In den Medien

Das Prinzip des Schulunterrichts auf einem Segelschiff gibt es bereits seit langem, im zivilen Bereich ist es spätestens in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts fest verankert und hat auch Einzug in die Populärkultur gefunden. Im Jahre 1996 schaffte mit Ridley Scotts' Blockbuster „White Squall-Reißende Strömung“ diese Schulform auch Einzug in die Kinos.² Hierbei wird die letzte Reise des Privaten Schullschiffes „Albatross“ behandelt, welches 1961 sank. Unter dem Titel „Abenteuer Schule auf See, Jugendliche auf großer Fahrt ins Leben“ gibt es ebenfalls eine Dokumentationsserie des ZDF aus dem

² Ridley Scott, White Squall, 1996.

Jahr 2002.³ Auf Amazon Videos gibt es zusätzlich den Dokumentationsfilm „My Big Journey“ vom jungen Teilnehmer und Schüler Jona Schloßer aus dem Jahr 2018.⁴

In Zeitungen und im Radio wird laufend über das Prinzip eines Schulunterrichts auf einem Segelschiff und über die aktuellen Reisen berichtet, so beispielsweise über die Ocean College Reise 2021/2022 in den Salzburger Nachrichten.⁵

3. Rahmenbedingungen des Schulunterrichts auf einem Segelschiff

Das maritime Umfeld stellte sowohl Herausforderung als auch Potential dar. Je nach Schwerpunktsetzung, konnten unterschiedliche Ziele verfolgt werden. Der anspruchsvolle Arbeitsalltag auf einem Schiff sowie essenzielle Teamarbeit konnten ebenfalls pädagogisch oder therapeutisch eingesetzt werden.⁶

3.1 Kommunikation

Die offizielle Bordsprache war Englisch, die Unterrichtssprache im Regelunterricht war Deutsch. Die professionelle Mannschaft „crew“ sprach kein Deutsch, sodass bei der Arbeit am Schiff ausschließlich Englisch geduldet wurde. Somit mussten sowohl die LehrerInnen als auch die SchülerInnen zahlreiche Fachausdrücke lernen, da Befehle stets eindeutig zu sein hatten und sofort befolgt werden mussten.

³Torsten Truscheit, Abenteuer Schule auf See, Jugendliche auf großer Fahrt ins Leben, 12 teilige Dokuserie des ZDF, 2002. <https://www.presseportal.de/pm/7840/329459> abgerufen am 22.5.2022.

⁴Jona Schloßer, My Big Journey, 2018. https://www.amazon.de/My-Big-Journey-Detlef-Soitzek/dp/B07HPCH9FS/ref=sr_1_2?crid=3811AOD7S0JWS&keywords=klassenzimmer+unter+segeln&qid=1653216240&srefix=klassenzimmer+unter+%2Caps%2C82&sr=8-2 abgerufen am 22.5.2022.

⁵Eva Hammerer, Das Schwimmende Klassenzimmer, Salzburger Nachrichten vom 24.4.2022.

⁶Vgl. Andorff J., Segelschoner Jachara. Eine psychologische Studie über einen therapeutischen Segeltörn mit verhaltensauffälligen Jugendlichen, Verlag Klaus Bebauer, Lüneburg 1988.

Vgl. Henstock M., Barker K., Knijink J., 2,6 Heave! Sail Training's influence on the development of self concept and social networks and their impact on engagement with learning and education. A pilot study. In: Australian Journal of Outdoor Education 17 (1), 2013.

Vgl. Kähler R., Und was bleibt für das Leben? Untersuchung über die Wirkungen einer „Bildung durch die See“ auf der Thor Heyerdahl. In J. Ziegenspeck [Hg.], Segeln auf dem Dreimast Topsegelschoner Thor Heyerdahl, Lüneburg 1995.

Vgl. Kaly P., Heesacker M., Effects of a ship based adventure program on adolescent self-esteem and ego-identity development. Journal of Experimental Education 26, 2003.

Vgl. Kupko S., Heimerziehung auf hoher See. In: Sozialtherapeutischer Segeltörn mit dem Jugendschiff Outlaw. Theorie und Praxis der sozialen Arbeit 34 (12), 1983.

Vgl. Merk R., Klassenzimmer unter Segeln, Verlag Czwalina, Hamburg 2006.

Vgl. Schenk K., Neue Wege in der Kinder- und Jugendpsychiatrie. Das Sozialtherapeutische Segeln als Alternative zur geschlossenen Unterbringung. In: Segeln und Sozialpädagogik 17, 1984.

Vgl. Soitzek D., Segelschiff „Thor Heyerdahl“. Eine schwimmende Jugendbildungsstätte, Verlag Edition Erlebnispädagogik, Lüneburg 1991.

Vgl. Springer S., Segeln und Pädagogik. Lernen fürs Leben. In: Ziegenspeck [Hg.], Segeln auf dem Dreimast-Topsegelschoner „Thor Heyerdahl. Outward Bound für Jugendliche und junge Erwachsene. Erlebnispädagogische Grundsätze und praktische Erfahrungen, Verlag Edition Erlebnispädagogik, Lüneburg 1995.

Daher entwickelte sich auch das an Bord im Alltag unter SchülerInnen und LehrerInnen verwendete Deutsch zu einem Hybrid mit vielen englischen Lehnwörtern.

An Bord waren alle untereinander „per du“. Dennoch war der Umgang respektvoll und die Positionen aller Beteiligten stets klar.

3.2 Hierarchie und Chain of Command

Das Leben auf dem Schiff war stark hierarchisch geprägt. In Abbildung 2 ist diese Hierarchie übersichtlich dargestellt.

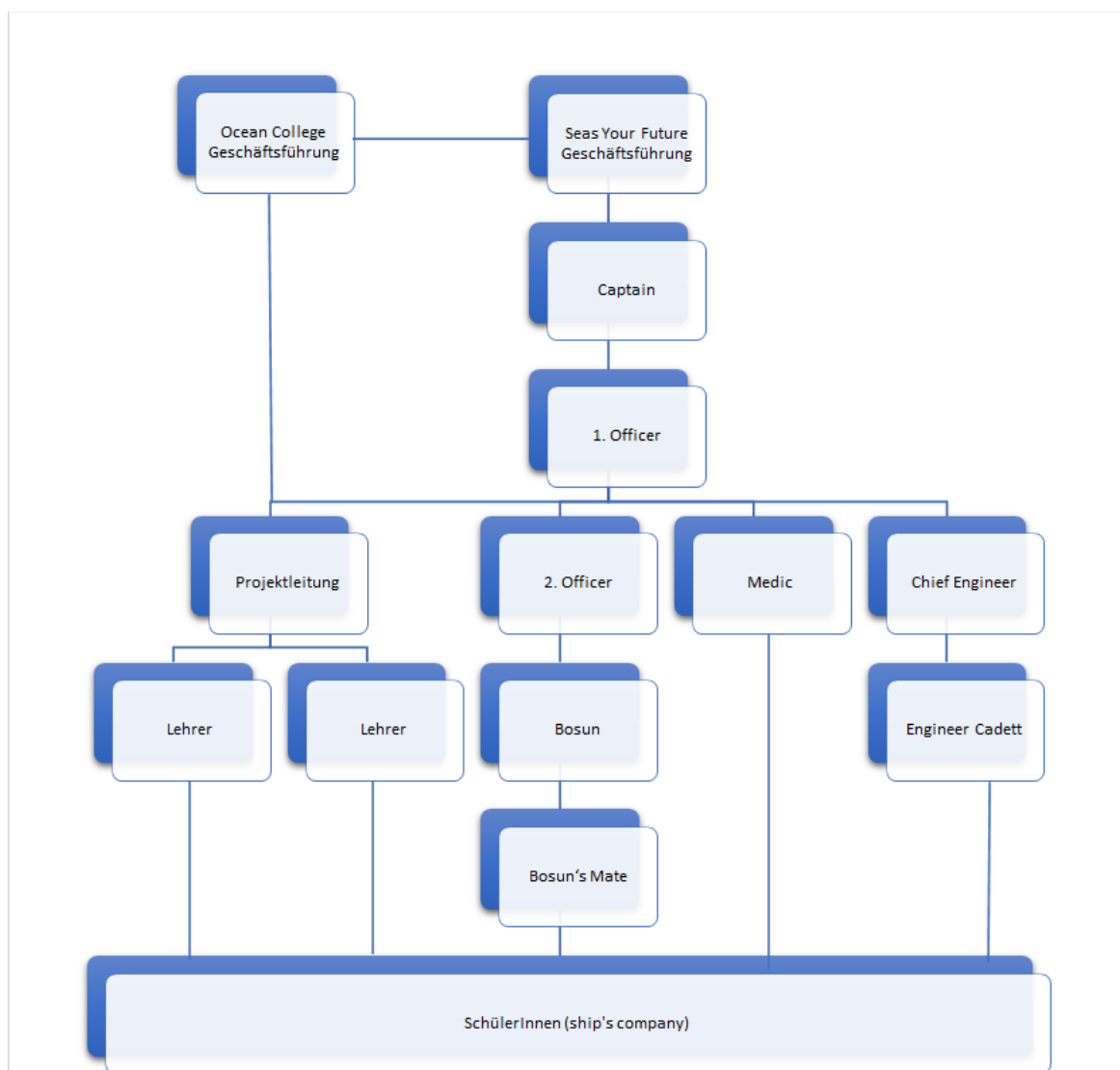


Abbildung 2 Hierarchische Struktur auf der Pelican of London. Die Geschäftsführungen befinden sich nicht unmittelbar auf dem Schiff, der Kapitän beziehungsweise die Projektleitung ist ihnen dennoch Rechenschaft schuldig.

Die Geschäftsführung befindet sich an Land in Berlin beziehungsweise in England und erledigt Organisatorisches und Logistisches und trifft firmenpolitische Entscheidungen. Die Geschäftsführung

ist in engem Kontakt zueinander. Die Geschäftsführung von Ocean College ist für den Bildungsaspekt verantwortlich, die „Seas Your Future“ Geschäftsführung ist für den maritimen Aspekt verantwortlich. Der Kapitän muss im Zweifelsfall seine Entscheidungen vor der Geschäftsführung von „Seas Your Future“ verantworten. Die Projektleitung muss im Zweifelsfall ihre Entscheidungen vor der Geschäftsführung von Ocean College verantworten.

An oberster Stelle an Bord steht der Kapitän, welcher die oberste Entscheidungsgewalt innehat, aber auch die Verantwortung für alles und jeden trägt. Der Kapitän ist verantwortlich für das Schiff und auch die Interessen des Schiffseigentümers, in diesem Fall „Seas your Future“. Der Kapitän gibt jeden Tag dem 1. Offizier Anweisungen, was im Laufe des Tages erledigt werden muss. Als wachhabender Offizier ist der Kapitän zusätzlich für die sichere Führung des Schiffes zwischen 08:00 – 12:00 sowie 20:00 – 24:00 verantwortlich.

Der 1. Offizier, auch „1. Mate“ oder einfach nur „Mate“ ist für einen reibungslosen Tagesablauf verantwortlich. Der 1. Offizier erhält seine Aufträge direkt vom Kapitän und verteilt sie auf die Schiffsmannschaft. Der 1. Offizier ist für die Umsetzung der Befehle und Anordnungen des Kapitäns verantwortlich und funktioniert als Bindeglied zwischen Mannschaft und Kapitän. Der 1. Offizier leitet das tägliche Meeting und ist auf dem Schiff für Ordnung und Disziplin verantwortlich. Gleichzeitig ist er die Ansprechperson für alle Schwierigkeiten. Als wachhabender Offizier ist der 1. Offizier zusätzlich für die sichere Führung des Schiffes zwischen 04:00 – 08:00 sowie 16:00 – 20:00 verantwortlich.

Der 2. Offizier ist für die genaue Routenplanung und Kartenarbeit unter Anweisung des Kapitäns verantwortlich. Außerdem ist der 2. Offizier für die Instandhaltung der Sicherheitsmaßnahmen verantwortlich. Als wachhabender Offizier ist der 2. Offizier zusätzlich für die sichere Führung des Schiffes zwischen 04:00 – 08:00 sowie 16:00 – 20:00 verantwortlich.

Der Chief Engineering Officer (oder „Engineer“) ist für den Betrieb und Wartung aller Maschinen zuständig. Das beinhaltet das System zur Aufbereitung von Trinkwasser, das Abwassersystem, das Heiz- und Lüftungssystem, Stromgeneratoren sowie die Antriebsmotoren. Offiziell ist der Engineer nur dem Kapitän unterstellt, in der Praxis befolgt er die als Bitten formulierten Anweisungen des 1. Offiziers. Dem Engineer sind etwaige Engineering Kadetten unterstellt, die ihn bei seiner täglichen Arbeit unterstützen.

Der Bootsmann „Bosun“ ist für die Takelage, Segel, Seile, sowie deren Instandhaltung und etwaige Reparaturarbeiten zuständig. Bei Segelmanövern erteilt der Kapitän Befehle an den Bootsmann, welcher für die konkrete Umsetzung durch die Schiffsmannschaft zuständig ist. Dem Bootsmann ist der Maat („Bosun’s Mate“) unterstellt, der ihn bei seiner täglichen Arbeit unterstützt.

Der Chief Medical Officer „Medic“ ist als Schiffsarzt für alle Krankheiten und Verletzungen zuständig, sowie für die Hygiene am Schiff. Zusätzlich ist es Aufgabe des Medics auf die Stimmung und Moral an Bord zu achten.

Schulen in Europa sind grundsätzlich hierarchisch organisiert, auf einem Schiff, insbesondere auf einem Segelschiff, ist dies allerdings deutlich verstärkt. Das Lernen und Unterrichten in einem hierarchisch geprägten System hat aus Lehrersicht sowohl Vor- als auch Nachteile wie Franz Hofmann in „Persönlichkeitsstärkung und soziales Lernen im Unterricht“ ausdrücklich beschreibt. Daher werden auch die von Hofmann beschriebenen Voraussetzungen für ein effektives Lernen in einem hierarchischen System umso bedeutender. Nachfolgend befinden sich Hofmann Kriterien, welche an das besondere Schiffsetting angepasst wurden.

- Vor Beginn des Schuljahres bzw. der Reise Vereinbarungen und Regeln zu treffen. Genauso müssen bei Regelbruch die Konsequenzen klargestellt werden. Gegenseitiges Verständnis ist sehr wichtig.
- Die bevorstehenden Ziele, Pflichten, Aufgaben, Standards und Anforderungen müssen am Anfang klar bestimmt werden. Das betrifft das Curriculum, den Schulalltag sowie im Falle eines Segelschiffs, auch den außerschulischen Alltag. Hier soll auch auf die Wünsche und Vorstellungen der SchülerInnen eingegangen werden.
- Transparenz ist ebenso für die Leistungsbeurteilung sehr wichtig. Auf dem Schiff ist es besonders wichtig zu betonen, was Einfluss auf die Note hat und was nicht, da sich die SchülerInnen durchgehend auf dem „Schulgelände“ befinden. In den vorangegangenen Jahren gab es bei Ocean College so etwas wie Sprechstunden, in denen man die LehrerInnen Schulisches fragen konnte.⁷

Zusätzlich möchte ich hinzufügen, auf eigener Erfahrung basierend, dass alle TeilnehmerInnen möglichst angehalten waren, Konflikte und Probleme unter sich zu lösen und diese möglichst wenig die hierarchische Leiter nach oben auszulagern. Jedes Problem, dass durch den 1. Offizier oder den Kapitän gelöst werden musste, musste im Logbuch protokolliert werden, ebenso wie die Lösung oder etwaige Konsequenzen.

⁷ Hofmann F., Persönlichkeitsstärkung und soziales Lernen im Unterricht. Anregungen für Lehrer/innen und Studierende, Österreichisches Zentrum für Persönlichkeitsbildung und Soziales Lernen, Wien 2008, 26 – 28.

3.3 Tagesablauf

Neben dem zeitgleich laufenden Wachsystem gab es auch einen regulären Tagesablauf. Nachfolgende Tabelle 1 soll diesen übersichtlich darstellen:

Tabelle 1 Diese Tabelle zeigt den Tagesablauf auf der Pelican of London. Die Eckpfeiler der täglichen Routine, wie die Mahlzeiten, Meetings, Unterrichtszeiten sowie Kontrollrunden sind in dieser Tabelle Uhrzeiten zugeordnet. Das überschneidende Wachsystem ist in dieser Tabelle nicht inkludiert.

UHRZEIT		BESCHREIBUNG
07:00-08:00	Frühstück	Frühstück. Essen war ausschließlich an Deck oder im Speiseraum erlaubt. Da der Speiseraum anschließend in einen Klassenraum umgewandelt wurde, musste man bei Verschlafen ohne Frühstück auskommen.
07:50	Tägliches Morgenmeeting	Briefing für das gesamte „Staff“ (LehrerInnen und Crew). Hierin wurde einerseits der Tagesplan, etwaige Probleme, Pläne, Reisefortschritt etc. besprochen. Anliegen seitens des „Staffs“ konnten hier auch öffentlich vorgebracht werden.
08:00-11:30	Vormittagsunterricht	Unterricht in 2 Fächern, inklusive Pause
11:15-11:30	Cabin Rounds	Kontrolle der „cabins“ (Kammern/Zimmer) auf Ordnung und Sicherheit durch den 1. Offizier
11:30	Daily Meeting	Briefing für die gesamte „ship’s company“, also LehrerInnen, Crew und SchülerInnen. Hierin wurde einerseits der Tagesplan, etwaige Probleme, Pläne, Reisefortschritt etc. besprochen. Anliegen seitens der SchülerInnen konnten hier auch öffentlich vorgebracht werden.
11:45-12:30	1. Sitting Mittagessen	Da im Speisesaal nicht ausreichend Raum für alle war, wurde das Mittagessen in zwei Durchgängen absolviert. Die Wachzugehörigkeit war entscheidend, um welche Uhrzeit gegessen wurde.
12:30-13:15	2. Sitting Mittagessen	Da im Speisesaal nicht ausreichend Raum für alle war, wurde das Mittagessen in zwei Durchgängen absolviert. Die Wachzugehörigkeit war entscheidend, um welche Uhrzeit gegessen wurde.

13:30 – 17:00	Nachmittagsunterricht	Unterricht in 2 Fächern, inklusive Pause
17:45-18:30	1. Sitting Abendessen	Analog zum Mittagessen, bestimmte die Wachzugehörigkeit die Uhrzeit, zu der man aß. Zusätzlich musste für kurze Zeit die Mizzenwatch abgelöst werden.
18:30 – 19:15	2. Sitting Abendessen	Analog zum Mittagessen, bestimmte die Wachzugehörigkeit die Uhrzeit, zu der man aß. Zusätzlich musste für kurze Zeit die Mizzenwatch abgelöst werden.
22:00	Clear Deck	Ab 22:00 durften sich die SchülerInnen nicht mehr an Deck aufhalten. Im Messroom war dies bei adäquater Lautstärke weiterhin möglich.

Eine Ausnahme stellte der Sonntag dar. Am Sonntag fand kein Unterricht statt, aber unter dem Deckmantel der „Happy Hour“ ein verbindliches, einstündiges Putzen des gesamten Schiffes. Den Rest des Tages, mit Ausnahme der Wache, hatten die SchülerInnen zu ihrer freien Verfügung.

Der Begriff „Wache“ hat, je nach Zusammenhang 3 unterschiedliche Bedeutungen. Einerseits kann die Gruppe von Personen gemeint sein, die gemeinsam auf Wache sind. Es kann ebenfalls der Dienst als „Wache“ bezeichnet werden. Gleichzeitig kann auch der Zeitraum des Wachdienstes als „Wache“ bezeichnet werden.

3.4 Wachsystem

Das Schiff fuhr durchgehend, 24 Stunden am Tag. Der Schiffsalltag wurde in 4-stündige Schichten, sogenannte „Wachen“ oder „watches“, eingeteilt. In den ersten 3 Wochen arbeiteten sowohl SchülerInnen als auch LehrerInnen 2 Wachen pro Tag, anschließend 1 Wache pro Tag. Jede Woche wurden die Wachzeiten um eine Position rotiert. Alle SchülerInnen wurden ebenfalls drei Wachgruppen, im Englischen ebenfalls „watch“ zugeteilt, die Zusammensetzungen wurden erst nach der Halbzeit durchgemischt. Diese Fore-, Mizzen-, beziehungsweise Mainwatch wurde nach den ersten 3 Wochen ebenfalls in zwei Teile geteilt, sodass eine Hälfte dieser Wache im Dienst war. In Tabelle 2 befindet sich eine Auflistung der einzelnen Wachbezeichnungen sowie der zugehörigen Dienstzeiten.

Tabelle 2 Wacheinteilung der SchülerInnen auf der „Pelican of London“. Jede Wache hat um eine bestimmte Uhrzeit Dienst.

Bezeichnung	Zugehörigkeit	Uhrzeit
Middle watch	Forewatch	00:00-04:00
Morning watch	Mizzenwatch	04:00-08:00
Forenoon watch	Mainwatch	08:00-12:00

Afternoon watch	Forewatch	12:00-16:00
Dog watch	Mizzenwatch	16:00-20:00
First Watch	Mainwatch	20:00-24:00

Die Wachzusammensetzung war ebenfalls für die Aufteilung der SchülerInnen im Unterricht maßgebend. Im Unterricht waren stets 3 halbe Wachen⁸. So hatten SchülerInnen, die in der Nacht oder in der Früh arbeiteten, beispielsweise am Nachmittag Unterricht, während SchülerInnen, die ab Mittag arbeiteten, am Vormittag Unterricht hatten. Alle Personen an Bord waren selbst für genügend Schlaf verantwortlich, die meisten Personen schliefen pro Tag 2-3 mal für etliche Stunden. An dieses System musste man sich erst gewöhnen, sodass in den ersten 2 Monaten Schlafmangel und Müdigkeit ein häufiges Problem darstellten.

Die Zugehörigkeit zu den Wachen war beim Durchzählen, bei „drills“ (Übungen für den Ernstfall) von großer Bedeutung, um schnell Vollzähligkeit zu überprüfen. Da die SchülerInnen innerhalb der Wachen viel Zeit miteinander verbrachten, entstanden innerhalb der einzelnen Wachen sehr enge Freundschaften.

Trinkwassermusste aus dem Meer durch Osmose gewonnen werden und war eine wertvolle und begrenzte Ressource. Um Trinkwasser zu sparen, gab es alle drei Tage einen Dushtag, welcher ebenfalls durch die Wachzugehörigkeit bestimmt wurde.

Jeden Tag wurden zusätzlich drei SchülerInnen zum „Galleydienst“ eingeteilt, was sie von allen weiteren Tagesaufgaben befreite.

Jede Wachgruppe wurde von einem „Watchleader“ angeführt.

3.5 Unterkunft

Die SchülerInnen wohnten alle unter Deck in Zimmern, seemännisch „Kammern“ oder „Kabinen“, im Alltag auf Englisch „cabins“ genannt. Pro „cabin“ gab es vier beziehungsweise sechs „bunks“, „Kojen“, die LehrerInnen wohnten direkt nebenan mit dem Schiffsarzt in einer „cabin“. Platz war sehr eng bemessen, so hatte beispielsweise die „LehrerInnencabin“ bescheidene Maße von 2,5m x 3m. Neben persönlichen Gegenständen für 6 Monate musste auch Ausrüstung aller 4 Personen Platz finden. Eine eigene, enge Nasszelle (Toilette und Dusche) befand sich teilweise in den „cabins“, teilweise am Gang, was für zusätzliche Enge sorgte.

⁸ Anmerkung: Hier Personengruppe gemeint

In den ersten 3 Monaten der Reise funktionierte die Lüftung und Kühlung nicht, sodass es spätestens nach dem Passieren der Iberischen Halbinsel in den Kabinen sehr heiß und stickig wurde. Ein Vorhang aus Bettlacken, Decken, Handtüchern oder Ähnlichen vor dem „bunk“ bot ein klein wenig Privatsphäre, die Einzige die man hatte. Bei starkem Seegang wurde zusätzlich Segeltuch vor die „bunks“ gespannt, um herauszufallen zu verhindern. Bei Sturm beschränkte sich das Schlafen auf Liegen und Festhalten mit geschlossenen Augen. Auf Grund des Wachsystems schlief zu jeder Uhrzeit jemand, sodass man in den „cabins“ stets auf Ruhe achten musste.

Der Speisesaal „mess“ oder „messroom“ erfüllte zusätzlich die Funktion des Unterrichtsraumes und eines Gemeinschaftsraumes. Für die Erwachsenen gab es mit dem Saloon einen zusätzlichen Gemeinschaftsraum, welcher ebenfalls als Lehrerzimmer mit einem Tisch, Konferenzraum, ärztliches Behandlungszimmer und im Notfall als Steuerraum diente.

Die SchülerInnen wurden den Kammern zugeteilt und mussten schnell lernen, auf engstem Raum mit fremden Personen unter widrigen Bedingungen auszukommen. Dasselbe galt selbstverständlich für das LehrerInnenteam.

3.6 Zusammenleben mit den SchülerInnen

Neben der alltäglichen Schiffsarbeit und dem Unterricht verbrachten Crew, LehrerInnen sowie SchülerInnen auch einen großen Teil ihrer Freizeit miteinander. Im Verlauf der Reise wurde man durch die gemeinsamen Erlebnisse zusammengeschweißt und die Abende wurden immer geselliger. Abends sah man sich eher als Kollegen, Mitmatrosen und Kameraden als Schüler und Lehrer. LehrerInnen und Crew wurden oft zu von den SchülerInnen organisierten Spielen eingeladen und vice versa. In unregelmäßigen Abständen wurden Events mit reger Beteiligung organisiert, wie Karaokeabende, Mid-Atlantic-Ball, Halloweenparty, Schachturnier, Talenteshow etc.

An Land, wo man nicht gezwungener Weise Zeit miteinander verbringen musste, unternahmen SchülerInnen und LehrerInnen oft Sachen gemeinsam, was in einem gewöhnlichen Schulsystem unüblich ist. Dies konnte von improvisierten Erkundungstouren, Volleyballmatches am Strand, Schneeballschlachten gegen die Mannschaft des Nachbarschiffes bis hin zu einem Ausflug in ein Virtual-Reality-Cafe reichen.

3.7 Rituale an Bord

Das Leben eines Seemannes ist voller Seemannsgarn, Aberglaube und Rituale. Sowohl die SchülerInnen als auch die LehrerInnen mussten diese unausgesprochenen Richtlinien schnell lernen und sich ihnen fügen. Pfeifen unter Deck, das Schneiden von Toastbrot in Dreiecke oder das Anzünden einer Zigarette

mit einer Kerze wurden schroff kritisiert und meistens mit einer freiwilligen Meldung zum Putzen der „Dogkennels“ (gemeinschaftliche Nasszellen am Gang) gepaart.

Gleichzeitig schafften Rituale unvergessliche Erlebnisse und boten eine unbeschreibliche Gelegenheit zum Eintauchen in die mysteriöse Welt der Seeleute. Besondere Ereignisse, wie die „Dead Horse Ceremony“ oder die „Atlantiktäufe“, beides mehrere Jahrhunderte alte Traditionen, bestätigten die Aufnahme in den Kreis der Seefahrer. In den beiden Abbildungen 3 und 4 sind Szenen aus der „Atlantiktäufe“ beziehungsweise der „Dead Horse Ceremony“ dargestellt.

Weiters hoben auch moderne Rituale, wie Frühstücksnutella an Wochenenden oder das bewährte gemeinsame Singen von Liedern die Stimmung.

„Rituale sind nicht nur wichtig im oft gleichmäßigen Leben an Bord, sie dienen auch der Entwicklung der Schüler.“⁹



Abbildung 3 Atlantiktäufe. Die SchülerInnen werden durch König Neptun (1. Offizier) in seinem Reich anerkannt und geduldet. Nachdem sie sich für würdig erweisen, werden sie "getauft"



Abbildung 4 Dead Horse Ceremony. Nach einem Monat Dienst war es unter Matrosen üblich, ein Pferd aus verfügbarem Material zu bauen, um es zeremoniell in die Fluten zu werfen. Traditionell wurden ab diesem Zeitpunkt die Matrosen bezahlt, den ersten Monatslohn erhielten sie im Voraus.

⁹ Sand M., Die Auswirkungen des sechsmonatigen Segel-Schulprojektes Klassenzimmer unter Segeln auf die Persönlichkeitsentwicklung Jugendlicher in: Clemens Czwilina [Hg.], Sportwissenschaftliche Dissertationen und Habilitationen 61, Feldhaus Verlag, Hamburg 2015, S. 105.

4. Pädagogischer und Didaktischer Hintergrund

4.1 Erlebnispädagogik

Eine eindeutige Definition ist heutzutage aufgrund einer unterschiedlichen Verwendung des Begriffs Erlebnispädagogik nicht möglich.¹⁰ Für diese Arbeit wurde daher die Definition nach Heckmair und Michl herangezogen:

„Erlebnispädagogik ist eine handlungsorientierte Methode und will durch exemplarische Lernprozesse, in denen junge Menschen vor physische, psychische und soziale Herausforderungen gestellt werden, diese in ihrer Persönlichkeitsentwicklung fördern und sie dazu befähigen, ihre Lebenswelt verantwortlich zu gestalten.“¹¹

Sand erweitert diese Definition weiter, wobei die englischen Fachbegriffe „Experimental Learning“ beziehungsweise „Experiential Education“, also das Lernen durch Erlebnisse, eine präzisere Bezeichnung liefern:

„Hier spielen nicht zwingend die Natur und das Abenteuer eine bedeutende Rolle, es kann auch Lernen durch Erfahrung im Klassenzimmer beschreiben. Heckmair und Michl vergleichen Experience Education mit dem handlungsorientierten Lernen.“¹²

Das englische Pendant, das „Experimental Learning“ beziehungsweise „Experiential Education“ zieht somit bedeutende Parallelen zu den Grundprinzipien des experimentellen Chemieunterrichts.¹³ Das chemische Experiment bietet hierbei das Erlebnis als wichtige Basis um weiter aufzubauen.¹⁴

„Im Verbund mit Biologie, Mathematik und Physik eröffnet die Chemie als Unterrichtsfach auf exemplarische Weise einen eigenen „Weg der Erkenntnisfindung“. Er verläuft über das Fragenstellen, die Ermittlung von Fakten, die induktive Herleitung von Regeln, über die deduktive Entwicklung und Anwendung von Deutungssystemen (Modelle, Systematiken), über das Planen und Auswerten von Experimenten und die Formulierung neuer Fragen

¹⁰ Vgl. Fandrey D., Erlebnispädagogische Settings und Selbstkonzept, Verlag Dr. Kovac, Hamburg 2013.

¹¹ Heckmair B., Michl W., Erleben und Lernen. Einführung in die Erlebnispädagogik, Ernst Reinhard Verlag, München 2013, S.115. Zitiert nach: Sand M., Die Auswirkungen des sechsmonatigen Segel-Schulprojektes Klassenzimmer unter Segeln auf die Persönlichkeitsentwicklung Jugendlicher in: Clemens Czwalina [Hg.], Sportwissenschaftliche Dissertationen und Habilitationen 61, Feldhaus Verlag, Hamburg 2015, S. 15.

¹² Sand M., Die Auswirkungen des sechsmonatigen Segel-Schulprojektes Klassenzimmer unter Segeln auf die Persönlichkeitsentwicklung Jugendlicher in: Clemens Czwalina [Hg.], Sportwissenschaftliche Dissertationen und Habilitationen 61, Feldhaus Verlag, Hamburg 2015, S. 19. Vgl. Beard C., Wilson J., Experiential Learning. A handbook for education, training and coaching, Kogan Page, London 2002.

¹³ Anton M., Kompendium Chemiedidaktik, Verlag Klinkhardt, Bad Heilbrunn 2008, S. 35-38.

¹⁴ Anton M., Kompendium Chemiedidaktik, Verlag Klinkhardt, Bad Heilbrunn 2008, S. 73-88.

*und Hypothesen zu Besonderheiten der Stoffartumwandlungen. Dabei finden induktiv orientiertes Hypothesen-Bilden und deduktiv orientiertes Hypothesen-Prüfen abwechselnd und bedarfsgerecht Anwendung.*¹⁵

In Österreich sowie Deutschland kann die Durchführung, das Protokollieren oder das Ergebnis des experimentellen Arbeitens ein Bestandteil der Notengebung sein. Die Gewichtung des experimentellen Arbeitens in der Notenzusammensetzung ist dem jeweiligen Lehrer vorbehalten.¹⁶ Das österreichische Zentrum für Persönlichkeitsbildung und Soziales Lernen, im Auftrag des österreichischen Bundesministeriums für Unterricht, Kunst und Kultur, führt unter anderen explizit „Performance Tasks“ als einen innovativen Ansatz zur Leistungsfeststellung an. Unter Performance Tasks werden Problemlöse- und Experimentieraufgaben verstanden.¹⁷

4.2 Außerschulische Lernorte

“Outdoor Learning” wird bei Sand als ein besonders fruchtbares Teilgebiet des „Experiential Learning“ erwähnt, wobei er sich auch auf Hattie et al. stützt.¹⁸ Sportliche Tätigkeiten sind hierbei nicht essenziell, als Definition erwähnt Hattie et al. folgende Punkte:

- Findet in der Natur statt
- Kleine Gruppen unter 16 Personen
- Körperliche Herausforderungen
- Intensive Interaktion zur Problemlösung und Entscheidungsfindung
- Ein geschulter Trainer
- Eine Dauer von zwei bis vier Wochen¹⁹

Weiters kann laut Heckmair und Michl die Zielsetzung in folgende vier Kategorien unterteilt werden:

- Affektive Lernziele im Rahmen von Erlebnissen in Freizeit und Erholung
- Kognitive Lernziele im Sinne von bildungsbezogenen Erlebnissen
- Verhaltensbezogene Ziele durch gezielte Erlebnisse in Trainings

¹⁵ Anton M., Kompendium Chemiedidaktik, Verlag Klinkhardt, Bad Heilbrunn 2008, S. 20.

¹⁶ Anton M., Kompendium Chemiedidaktik, Verlag Klinkhardt, Bad Heilbrunn 2008, S. 187-193

¹⁷ Stern T., Förderliche Leistungsbewertung, 2. Auflage, Österreichisches Zentrum für Persönlichkeitsbildung und Soziales Lernen, Wien 2010, 51-52.

¹⁸ Sand M., Die Auswirkungen des sechsmonatigen Segel-Schulprojektes Klassenzimmer unter Segeln auf die Persönlichkeitsentwicklung Jugendlicher in: Clemens Czwilina [Hg.], Sportwissenschaftliche Dissertationen und Habilitationen 61, Feldhaus Verlag, Hamburg 2015, S. 19.

¹⁹ Hattie J. et al. Adventure Education and Outward Bound: Out of class Experiences that make a lasting difference. Review of Educational Research 67, 1997, S.44.

- Therapeutische Ziele durch Erlebnisse im Rahmen einer Therapie²⁰

Der Übergang zwischen dem Klassenzimmer auf dem Segelschiff, einem außerschulischen Lernort und einer Exkursion ist in diesem Fall fließend. Der Nutzen von Exkursionen gilt mittlerweile als erwiesen und vertieft das Fachwissen. Gleichzeitig werden der Realitätsbezug sowie der Praxisbezug gestärkt.

„Die Exkursion vermittelt u. a. in den naturwissenschaftlichen Fächern ein besseres Verständnis durch erlebte Sacherfahrungen und -erkenntnisse. [...] Durchführung und Auswertung einer Exkursion verlangen vom Schüler genaues Beobachten und die Fähigkeit, Erlebtes mit theoretischen Fakten in Bezug zu setzen, Argumente in die Diskussion einzubringen, daraus Schlussfolgerungen zu ziehen und zu werten. Parallel dazu werden Selbstständigkeit, Kollektivität, Sorgfalt Eigenverantwortlichkeit und Ausdauer gefördert.“²¹

Die kognitive Entwicklung wird dabei bewusst gefördert. Laut Berk erlangen die Jugendlichen *„die Fähigkeit zum abstrakten, systematischen, wissenschaftlichen Denken“²²*. Laut Oerter und Dreher *„wird die Fähigkeit entwickelt, Dinge und Menschen zu hinterfragen [...], überprüfen und zu bewerten.“²³*

4.3 Experimenteller Chemieunterricht

Das Experiment ist im Chemieunterricht fest verankert. Einige wichtige Argumente für den Einsatz liefert Di Fuccia in seinem Akademiebericht Nr. 434 *„Experimentelle Aufgabenstellungen im Chemieunterricht“*. Diese Argumente sowie einige Kritikpunkte sind in folgender Tabelle 3 zusammengefasst.

²⁰ Sand M., Die Auswirkungen des sechsmonatigen Segel-Schulprojektes Klassenzimmer unter Segeln auf die Persönlichkeitsentwicklung Jugendlicher in: Clemens Czwalina [Hg.], Sportwissenschaftliche Dissertationen und Habilitationen 61, Feldhaus Verlag, Hamburg 2015, S. 19.

²¹ Peterßen W., Kleines Methoden-Lexikon, Oldenbourg Verlag, 2. Aktualisierte Auflage, München, Düsseldorf, Stuttgart 2001, S. 79-80.

²² Berk L., Entwicklungspsychologie, Pearson Verlag, München 2011, S. 518. Vgl: Sand M., Die Auswirkungen des sechsmonatigen Segel-Schulprojektes Klassenzimmer unter Segeln auf die Persönlichkeitsentwicklung Jugendlicher in: Clemens Czwalina [Hg.], Sportwissenschaftliche Dissertationen und Habilitationen 61, Feldhaus Verlag, Hamburg 2015, S. 44-45.

²³ Oerter R., Dreher E., Jugendalter. In: Oertler R. [Hg.], Montada L. [Hg.], Entwicklungspsychologie, Beltzverlag, Basel 2008, S. 274.

Vgl: Sand M., Die Auswirkungen des sechsmonatigen Segel-Schulprojektes Klassenzimmer unter Segeln auf die Persönlichkeitsentwicklung Jugendlicher in: Clemens Czwalina [Hg.], Sportwissenschaftliche Dissertationen und Habilitationen 61, Feldhaus Verlag, Hamburg 2015, S. 44-45.

Tabelle 3 Vorteile von experimentellem Chemieunterricht

Experimentelle Wissenschaft	Chemie ist eine experimentelle Wissenschaft und Experimentieren ist für die Arbeitsweise der Chemie somit charakteristisch
Integration	Abgelehnte SchülerInnen würden durch die Gruppenarbeit beim Experimentieren besser integriert werden.
Klassenatmosphäre	Der Einsatz von Schülerexperimenten im Chemieunterricht sei geeignet, die Klassenatmosphäre insgesamt positiv zu beeinflussen.
Fachbeliebtheit	Der häufige Einsatz von Schülerexperimenten wirkt sich vor allem im Anfangsunterricht äußerst positiv auf die Fachbeliebtheit aus.
Qualität vor Quantität	Es ist nicht die Zahl der Schülerexperimente, sondern deren qualitative Umsetzung entscheidend.
Erinnerung an Experimente	SchülerInnen können sich einen Monat nach Durchführung eines Experiments häufig gar nicht mehr an das Experiment erinnern.
Verständnis von Versuchsvorschriften	Am Ende der 8. Klasse seien nur 10-15% der SchülerInnen eines Jahrgangs in Deutschland in der Lage, selbst einfachste experimentelle Anordnungen zu verstehen.
Hypothese	Das Aufstellen von Hypothesen vor der Durchführung des Experiments ist sehr wichtig.
Kein Kochbuchrezept	Die Anleitung zum Experiment soll nicht einem Kochbuchrezept gleichen, sondern zum Andenken anleiten. Es soll durch die Anleitung die Kreativität der SchülerInnen gefordert werden, gleichzeitig aber auch Platz für Fehler gelassen werden.

24

²⁴ Di Fuccia D., Experimentelle Aufgabenstellungen im Chemieunterricht. In Akademiebericht 434, Akademie für Lehrerfortbildung und Personalführung [Hg.], 2008 Dillingen an der Donau, 2008, 1-14. http://www.kmk-format.de/material/Nawi/Experiment/E1_Einstieg/E_1_3_1_Artikel_Schuelerexperimente.pdf abgerufen am 31.10.2022.

Experimenteller Chemieunterricht bietet ebenfalls eine sehr gute Möglichkeit, im Einklang mit dem seit 2011 gültigen Kompetenzmodell²⁵, Strategien des Problemlösens zu fördern. Dies ist ein großer Vorteil der Naturwissenschaften gegenüber anderen Fächern in der Erfüllung des Dienstauftrages.²⁶

Diese Kompetenzen müssen sich die SchülerInnen selbst erarbeiten und durch viele Experimentiermöglichkeiten sich aneignen. Die gängigen Handgriffe erlernt man wie in einem Handwerk, während die Auswertung und Deutung des Beobachteten Urteils- und Interpretationskompetenzen erfordert. Um dies zu trainieren, muss SchülerInnen die Möglichkeit geboten werden, eigene Hypothesen aufzustellen und sie zu bestätigen oder zu widerlegen. Gleichzeitig ist eine Beschreibung der Beobachtung und deren Interpretation äußerst wichtig, die den SchülerInnen vor der Auflösung durch die Lehrperson erlaubt werden muss.²⁷

4.4 Das Experiment

Das „Experiment“ in seiner heutigen Auffassung geht auf den englischen Philosophen und Staatsmann Francis Bacon zurück, der als Begründer des Empirismus gilt. Das Oxford Languages Wörterbuch definiert den Empirismus folgendermaßen: *„erkenntnistheoretische Richtung, die als Quelle der Erkenntnis allein die Sinneserfahrung, die Beobachtung, das Experiment gelten lässt“*.²⁸

Wilhelm Peterßen definiert das Experiment wie folgt:

*„Das Experiment gilt heute als methodisch-planmäßige Herbeiführung von meist variablen Umständen zum Zwecke wissenschaftlicher Beobachtung. Es ist ein wichtiges Mittel aller Erfahrungswissenschaften.“*²⁹

Ein Experiment besteht stets aus den drei Phasen Planung, Durchführung sowie Auswertung. Weiters muss ein Experiment die Kriterien der Willkürlichkeit, Wiederholbarkeit und Variierbarkeit erfüllen. Das bedeutet, dass ein Experiment in einer künstlichen, kontrollierten Umgebung durchgeführt wird,

²⁵ Institut des Bundes für Qualitätssicherung im österreichischen Schulwesen, Kompetenzmodell, 2012/2022 <https://www.iqs.gv.at/themen/nationale-kompetenzerhebung/grundlagen-der-nationalen-kompetenzerhebung> abgerufen am 29.5.2023

²⁶ Haim K., Weber C., KLEx – Eine Experimentiertechnik zur Förderung kreativer Problemlösekompetenzen im naturwissenschaftlichen Unterricht. In: Feyerer E., Hirschenhauser K., Soukup-Altrichter [Hg.], Last oder Lust? Forschung und Lehrer_innenbildung, Jänner 2014, S. 199-200.

²⁷ Anton M., Chemie Unterricht Verstehen!, LMU München, Universität Wien, Universität zu Köln, 2019, S.199.

²⁸ Oxford Languages.

https://www.google.com/search?q=empirismus+definition&sxsrf=APwXEdexRiN086ssOhzwcEBPcJxg0ykkRQ%3A1685306237093&ei=fbtzZNOgBaXAc8PnqqX-A0&ved=0ahUKEWiT0-X87pj_AhUIYPEDHR7VBd8Q4dUDCA8&uact=5&oq=empirismus+definition&gs_lcp=Cgxnd3Mtd2l6LXNlcuAQAzIFCAAQgAQyBQgAEIAEMgUIABCABDlGCAAQFhAeMgYIABAWEB4yBggAEBYQHjIGCAAQFhAeMgYIABAWEB4yBggAEBYQHjIGCAAQFhAeOgIABBHENYEELADOGolABCKBRcwAxBDog0IABDkAhDWBBcwAxgBOhIILhCKBRDUAhDIAXCwAxBDGAI6BwgAEIoFEENKBahBGABQ0gVY2hZgshhoAXAAeACAAY4BiAHyC5IBBDaUMTKYAQCgAQHAAQHlARPaAQYIARABGAnaAQYIAhABGAg&scient=gws-wiz-serp abgerufen am 28.5.2023.

²⁹ Peterßen W., Kleines Methoden-Lexikon, Oldenbourg Verlag, 2. Aktualisierte Auflage, München, Düsseldorf, Stuttgart 2001, S. 82-83.

die sich von den natürlichen Bedingungen unterscheiden kann. Ein Experiment muss unter konstanten Bedingungen wiederholbar sein. Durch das Variieren einzelner Versuchsbedingungen soll schlussendlich beobachtet werden, ob und wie sich das Resultat verändert.³⁰

4.5 Fehlerkultur beim Experimentieren

Bei Schülerversuchen, vor allem im Bereich des experimentellen Lernens, werden Experimente oder einzelne Schritte oftmals nicht gelingen. An dieser Stelle ist es wichtig, dass ein Nicht-Gelingen eines Experimentes eine wertvolle Erkenntnis liefert und kein gesamtheitliches Scheitern bedeutet.

In diesem Zusammenhang prägte Manu Kapur 2008 das Schlagwort „productive failure“. Er definierte 3 Voraussetzungen, um eine positive Fehlerkultur zu ermöglichen:

1. die Aufgaben sollen herausfordernd, aber möglich sein
2. die Lernenden sollen die Möglichkeit haben, ihre Fehler in einer Reflexionsphase zu beschreiben
3. die Lehrperson sollte in der Reflexionsphase erfolgreiche und nicht erfolgreiche Versuchsprozesse gegenüberstellen

Diese drei Rahmenbedingungen sollten den SchülerInnen die Angst vor dem Scheitern nehmen und sie zu innovativen und kreativen Lösungswegen anregen.³¹

Gleichzeitig wird dadurch ein wesentlicher Beitrag zur Persönlichkeitsbildung der SchülerInnen geleistet. Vor allem beim experimentellen Arbeiten, bei dem neue Lösungswege gefunden werden sollen, müssen gewohnte Denkweisen ungebraucht bleiben. Um ein wahrscheinliches Nicht-Gelingen zu vereiteln, müssen sich die SchülerInnen ihrer Stärken und Schwächen bewusst sein. Dies zwingt sie zu metakognitiver Reflexion und offenbart das Zusammenspiel zwischen Charaktereigenschaften, Selbstvertrauen und Leistung.³²

4.6 Pädagogischer Ansatz laut Eigenbeschreibung von Ocean College

Ocean College führt seinen pädagogischen Ansatz bereits auf seiner Homepage an.³³ Ocean College stützt sich hierbei zunächst auf Kurt Hahn, dem Begründer der Erlebnispädagogik. Dieser postulierte

³⁰ Peterßen W., Kleines Methoden-Lexikon, Oldenbourg Verlag, 2. Aktualisierte Auflage, München, Düsseldorf, Stuttgart 2001, S. 82-83.

³¹ Haim K., Aschauer W., Fostering Scientific Creativity in the Classroom. The Concept of Flex-Based Learning. In: International Journal of Learning, Teaching and Educational Research, Vol21, 3, März 2022, S. 208.

³² Haim K., Aschauer W., Fostering Scientific Creativity in the Classroom. The Concept of Flex-Based Learning. In: International Journal of Learning, Teaching and Educational Research, Vol21, 3, März 2022, S. 215.

³³ Johan Kegler, Pädagogischer Ansatz von Ocean College. <https://oceancollege.eu/de/paedagogischer-ansatz-und-konzept/> abgerufen am 22.5.2022.

das „Sammeln von Erfahrungen in authentischen Handlungs- und Erlebnisfeldern“. Die Reise auf dem Schiff wird symbolisch mit der Reise durch das Leben gleichgesetzt.³⁴

Ebenfalls angeführt wird Pestalozzis „*Lernen mit Kopf, Herz und Hand*“. Ähnlich wie in der Erlebnispädagogik wird hier das Erlebnis als Ausgangspunkt für das Verständnis definiert. Zusätzlich wird betont, dass der Mensch mit all seinen Sinnen lernt und Erlebnisse Lernerfahrungen nachhaltiger gestalten.³⁵

Ocean College versteht sich zudem als reformpädagogische Einrichtung, die eine Alternative zum traditionellen Bildungssystem in Deutschland und ferner dem Deutschsprachigen Raum bieten möchte.

4.7 Besondere Schulbedingungen in Pandemiezeiten

Aufgrund der Coronapandemie gab es in Schulen weltweit starke Restriktionen. Unterricht im deutschsprachigen Raum fiel oft aus oder musste im Format des „Distance Learning“ absolviert werden. Mit sogenannten Corona-wellen wurden die sicherheitsbedingten Pandemiemaßnahmen periodisch verschärft und gelockert. Eine ausführliche Analyse des Schulwesens in Pandemiezeiten würde den Rahmen dieser Arbeit sprengen, es ist aber festzuhalten, dass etablierte Schul-, Lern- und Unterrichtskultur schlagartig auf den Kopf gestellt wurden.

Da bei Ocean College alle Personen an Bord eine geschlossene und isolierte Gruppe waren, hatte die seit 2020 wütende Coronapandemie so gut wie keinen Einfluss auf den Unterricht an Bord des Schiffes. Es gab vor und nach Landaufenthalten sehr strenge Kontrollen sowie regelmäßige Tests, aber die SchülerInnen konnten in Klassenstärke auf engem Raum gemeinsam unterrichtet werden, auf Mundschutz verzichten, sich Gegenstände borgen und Gruppenarbeiten durchführen.

Laut eigener Erfahrung war diese Wiederkehr zur „normalen“ Schulkultur sowohl bei den LehrerInnen als auch bei den SchülerInnen sowie den Eltern sehr willkommen.

4.8 Der Mensch als Gewohnheitstier

Viele der außergewöhnlichen Umstände waren vor allem zu Beginn der Expedition für viele Reiset TeilnehmerInnen eine Herausforderung. Die neuen Wohnbedingungen, das neue Schulsystem, die unbekannten Personen, die neuen Regeln und vieles mehr stellten das gewohnte soziale System auf den Kopf. Mit fortlaufender Reise gewöhnten sich die TeilnehmerInnen an diese Umstände, sodass

³⁴ Vgl: Hahn K., Knoll M. [Hg.], Reform mit Augenmaß, Ausgewählte Schriften eines Politikers und Pädagogen, Klett-Cotta Verlag, Stuttgart 1998.

Vgl: Stimmer F. [Hg.], Lexikon der Sozialpädagogik und der Sozialarbeit. 4 völlig überarbeitete und erweiterte Auflage. Oldenbourg, München, Wien 2000, S.183.

³⁵ Vgl: Pestalozzi H., Wie Getrud ihre Kinder lehrt. Ein Versuch den Müttern Anleitung zu geben, ihre Kinder selbst zu unterrichten, in Briefen, Geßner Verlag, Bern 1801.

vormalige Extrembedingungen zur neuen Normalität wurden. Dadurch konnten sich der Körper und Geist anpassen um so besser mit der Situation umzugehen.

„Die meisten Gewohnheiten ergeben Sinn. Durch sie können wir in der Komplexität der Welt überhaupt überleben. Unser Gehirn wäre ohne Automatismen an der Flut von Reizen und Situationen heillos überfordert.“³⁶

Bas Verplanken

Die Bedeutung der Routine sowie deren Vorteile werden vom Psychologen Bas Verplanken aufgezeigt. Laut ihm werden 30-50% der täglichen Entscheidungen von Gewohnheiten bestimmt.³⁷

Ich bin davon überzeugt, dass die Effizienz im Umgang mit den Extrembedingungen durch die lange Reisedauer von 6 Monaten gesteigert wurde. Die ersten Wochen, in denen die See besonders rau war, dienten vorrangig der Eingewöhnung. In dieser Zeit mussten sowohl die SchülerInnen als auch die LehrerInnen sich an diese stark veränderten Lebensbedingungen anpassen. Aus diesem Grund begann auch der reguläre Unterricht erst nach etlichen Wochen, als die alltägliche Routine annähernd etabliert war. Wäre die Reise kürzer gewesen und bestände sie zwangsläufig aus weniger Unterrichtseinheiten, so wären die didaktischen Erfolge voraussichtlich bescheidener.

5 Chemieunterricht an Bord

5.1 Komplikationen für den Unterricht auf Grund der Rahmenbedingungen

Der Unterricht auf einem fahrenden Schiff bringt unterschiedliche und unvorhersehbare Herausforderungen. Nachfolgend sind einige solcher Komplikationen aufgelistet, die die Vorbereitung, die Durchführung oder die Nachbereitung der Stunden betreffen. Jede dieser Komplikationen ist auf der Reise 2021/2022 mindestens einmal eingetroffen:

Klassenzimmer:

- Festhalten/ Anlehnen ist auf Grund des schwankenden Klassenzimmers, während dem Unterrichten oft nötig, wobei das Niveau an Rhetorik nicht vernachlässigt werden darf.

³⁶ Ewert K., Die Macht der Gewohnheit. In: Planet Wissen, Psychologie. <https://www.planet-wissen.de/gesellschaft/psychologie/gewohnheiten/index.html> abgerufen am 6.6.2023.

³⁷ Ewert K., Die Macht der Gewohnheit. In: Planet Wissen, Psychologie. <https://www.planet-wissen.de/gesellschaft/psychologie/gewohnheiten/index.html> abgerufen am 6.6.2023.

- Der Beamer kann durch die Bewegung des Schiffes verrutschen, sodass das projizierte Bild ständig gerichtet werden muss. Es hat sich bewährt, eine/n SchülerIn als „Beamerwächter“ einzuteilen.
- Waagen funktionieren nicht. Da es keine ruhende Unterlage gibt, wird selbst beim Kochen in der „galley“ eine Ungenauigkeit von 50g immer in Kauf genommen. Einwaagen in gängigen Labormengen sind nicht möglich.
- Alle Gegenstände können umfallen, vom Tisch fallen oder rutschen. Das betrifft Laptops, Bücher, Getränke, Stifte, Experimentalzubehör etc.
- Es gibt keinen Internetzugang. Etwaige Recherche oder online gespeicherte Unterlagen müssen in Häfen bezogen werden. Dies kann vor allem beim fachfremden Unterricht zu einer Herausforderung werden.
- Die „galley“ (Kombüse/ Küche) befindet sich direkt neben der „Mess“, also dem Klassenzimmer, und ist durchgehend in Betrieb. Es gibt daher einen ständigen Lärmpegel aus der Küche sowie dem restlichen Schiff
- Unmittelbar vor der ersten Stunde findet stets das „Staffmeeting“ statt. In der Zwischenzeit beginnt vom „Galleyteam“ (Kochteam, das den ganzen Tag dem Schiffskoch assistiert) das Aufräumen des Frühstücksraumes, welcher somit in ein Klassenzimmer verwandelt wird. Ein pünktlicher Unterrichtsbeginn in der ersten Stunde ist effektiv unmöglich.
- Je nach Windrichtung und Ausrichtung der Segel kann es zu einer Schräglage des gesamten Schiffes kommen. Diese Schräglage kann Minuten, Stunden, Tage oder auch Wochen dauern.
- Das Klassenzimmer ist mitten im Schiff, sodass Personen ständig durch das Klassenzimmer hindurchgehen.
- Die Tafel ist ein Whiteboard mit den Maßen: 1m X 2m, welche auch im Verlauf des Tages von anderen Personen genützt wird. Manche wichtigen Ankündigungen müssen den ganzen Tag auf der der Tafel sichtbar sein, sodass der tatsächlich verfügbare Platz noch weiter eingeschränkt ist.
- Whiteboardmarker gehen ständig verloren. Die Whiteboardmarker werden von allen Personen an Bord verwendet, ein sich ständig bewegendes Schiff verschlimmert die Situation zusätzlich. Ein Ersatz ist oft nicht einfach oder möglich.
- Die Sitzordnung im „Messroom“ ist suboptimal für eine Klasse, aber bei halber Besetzung können die SchülerInnen bequem in einer U-Form sitzen. Bei gutem Wetter findet ein großer Teil des Unterrichts im Freien auf zwei Picknickbänken statt
- Die Sitzbänke im „Messroom“ sind auch Stauraum. Es kann daher öfters passieren, dass die SchülerInnen im Unterricht aufstehen müssen, da jemand etwas herausholen muss – beispielsweise Schwimmwesten, Laptops, Toaster, etc.

- Alle Steckdosen sind britische Modelle- man muss also vorher an Adapter denken.
- Es gibt regelmäßig Stromausfall

Unterrichtsvorbereitung

- Vorbereitung von Experimentalunterricht bedeutet, dass Versuchsmaterialien aus 2 sperrigen Kisten, die während der Fahrt unter dem „chart table“ gesichert sind, herausgesucht werden müssen. Das Heraussuchen der Materialien und anschließendes, ordnungsgemäßes Verstauen dauert teilweise 20 Minuten.
- Versuche mit offenem Feuer oder bedenklichen Chemikalien müssen stets am Vortag mit Kapitän, 1. Offizier und eventuell Bootsmann, bei der Morgenbesprechung sowie unmittelbar vor der Durchführung abgesprochen werden. Es können auch im letzten Moment Absagen erteilt werden.
- Die SchülerInnen bekommen etwaige Vorbereitungen an Deck meistens mit, Überraschungen sind daher schwierig.
- Es gibt keinen exklusiven Arbeitsplatz: Der einzige Tisch wird von 3 Lehrern geteilt und ist gleichzeitig der „chart-table“ des 2. Offiziers. Das Lehrerzimmer ist gleichzeitig Gemeinschaftsraum des gesamten „staff“.
- Teilweise müssen die SchülerInnen vor Unterrichtsbeginn zusammengesammelt werden und auf dem gesamten Schiff gesucht werden.
- Das Ausdrucken von Unterlagen ist nur sehr bedingt möglich.
- Es gibt keine/kaum Möglichkeiten, Experimente vorher auszuprobieren

Unterrichtsumsetzung

- All “hands on deck” oder “bracing stations”; Es gibt Befehle, die sofort von allen verfügbaren Personen „hands“ durchgeführt werden müssen. Falls zu diesem Zeitpunkt Unterricht stattfindet, wird dieser unterbrochen, bis die Befehle und das darauffolgende Manöver vollständig durchgeführt wurden. Solche Situationen dauern selten kürzer als 30 Minuten und können ohne vorherige Ankündigung auftreten.
- Es fehlen stets 3 SchülerInnen im Unterricht, die für das Galleyteam abkommandiert werden.
- Seekrankheit kann sowohl die SchülerInnen als auch die LehrerInnen betreffen, manche stärker als andere. An schwierigen Tagen müssen regelmäßig Pausen eingeplant werden (etwa alle 10-15 Minuten). Falls wetterbedingt möglich, kann der Unterricht auch an Deck gehalten werden.

- Experimente werden grundsätzlich im Freien durchgeführt, Wind kann hier zusätzlich sehr störend sein
- Zeitpunkte für Experimente – Abhängig von Kapitän, Wetter, Wellengang muss eventuell ein professionelles Crewmitglied bei den Experimenten anwesend sein, beispielsweise mit Feuerlöscher. Diese Uhrzeiten müssen im Vorhinein vereinbart werden und nehmen etwas Flexibilität aus der Stundenplanung weg. Teilweise müssen Experimente durchgeführt werden, wenn das Crewmitglied gerade Zeit/Pause hat. Teilweise gibt es hier 5 Minuten Vorwarnzeit.

Allgemeine Organisation

- Unterricht findet nicht statt, wenn am selben Tag an- oder abgelegt wird. Unterricht findet nicht während der Hafenaufenthalte statt.
- Die SchülerInnen haben einen sehr heterogenen Wissensstand und Schulhintergrund. Jedes Bundesland in Deutschland hat ein anderes Schulsystem und andere Fächer oder Fächerverteilungen. Die SchülerInnen sind zwischen 14 und 18 Jahre alt.
- Für Freiarbeitsstunden haben die meisten SchülerInnen eigene Schulunterlagen mit. Die meisten Schüler sind sehr selbstständig und pflichtbewusst.
- Die Stauräume für Materialien sind teilweise sehr stark verteilt.
- Bei kaputten Geräten (zum Beispiel Handy, Messgeräten etc.) ist man selbst der Reparaturservice, ohne Internetrecherche. Das Schiff ist für elektronische Geräte ein sehr schlechter Lebensraum. Auf der Reise gingen zahlreiche Laptops und Handys kaputt, unter anderem mein privates Handy mit zahlreichen Notizen, Fotos und Unterrichtsmaterialien, die für den Unterricht oder diese Masterarbeit genutzt hätten sollen. Wenn man nicht vor der Reise an Ersatz gedacht hat, gibt es diesen nicht.
- Neue Zuteilung aller Wachen und somit Unterrichtsgruppen nach der Abfahrt aus Costa Rica. Die Projektleitung hat die Gruppen nach ihren Bedürfnissen zusammengesetzt, was für den Unterricht in Chemie für noch mehr Heterogenität gesorgt hat.
- Krankheiten und Epidemien – Corona war am Schiff kein Thema, außer dass man regelmäßig desinfiziert und die Coronatests durchführen mussten. Zwischen Kolumbien und Costa Rica hatten wir allerdings eine Durchfallepidemie, die $\frac{3}{4}$ aller SchülerInnen betraf. Alle durften sich im Unterricht, vor allem aber beim Essen möglichst wenig Sachen borgen beziehungsweise mussten sie alles gründlich desinfizieren. Diese Durchfallepidemie sollte schlussendlich bis zu den Azoren in Wellen auftreten. Während dem Landaufenthalt sollte es doch zu einer Coronaepidemie unter den SchülerInnen und LehrerInnen kommen, allerdings wurde die Quarantäne an Land verbracht.

Arbeitsatmosphäre

Das Einschätzen der Arbeitsatmosphäre ist sehr persönlich und beruht auf meinen subjektiven Erfahrungen. Aus meiner Sicht war die Arbeitsatmosphäre mit den SchülerInnen, meinen Vorgesetzten in der Geschäftsführung sowie der professionellen Crew hervorragend. Die Zusammenarbeit mit meinen LehrerkollegInnen war jedoch kompliziert und etablierte sich schlussendlich in einem parallelen Arbeiten an Stelle eines gemeinsamen Arbeitens. Von den Belastungen des Alltags am Schiff mit all seinen Einschränkungen und Entbehrungen war das Lehrpersonal genauso wenig befreit wie die SchülerInnen, was zu immer wieder auftretendem Fehlverhalten seitens des Kollegiums führte.

Burnout, emotionale Zusammenbrüche, begrenztes Engagement, Abschottung und schlicht Überforderung im LehrerInnenteam waren die Folge. Zwecks Vollständigkeit soll die psychologische Auswirkung auf das Lehrpersonal nicht verschwiegen werden, auch wenn in dieser Arbeit nicht weiter darauf eingegangen wird.

5.2 Übersicht über den Chemieunterricht an Bord

Der Chemieunterricht ab Oktober 2021 bis März 2022 umfasste sowohl Experimental- als auch Theorieeinheiten, wobei auf Erstere der Fokus gelegt wurde. Sämtliche Experimente wurden als SchülerInnenversuche durchgeführt. Das bedeutet, dass die SchülerInnen unter Betreuung für die Durchführung, Protokollierung und teilweise auch für die Planung verantwortlich waren. Die SchülerInnen hantierten mit teilweise giftigen, ätzenden, leicht brennbaren und entzündlichen Substanzen auf einem sich konstant bewegendem Deck, einer für Experimentalunterricht augenscheinlich sehr schlecht geeigneten Umgebung.

Insgesamt fanden 10 reguläre Chemiestunden zu je 90 Minuten statt. Zusätzlich gab es auf freiwilliger Basis die Möglichkeit, an chemischen Zusatzeinheiten teilzunehmen. Diese beinhalteten teilweise praktische, teilweise theoretische Themen. Nach einer Einführung in die Grundlagen wurde stets das besondere Umfeld der Schiffsreise in den Unterricht eingebunden und lieferte einen praktischen Bezug zur Umgebung.

Eine Übersicht über die gebrachten Inhalte und deren Ausmaß liefert folgende Tabelle 4:

Tabelle 4 Übersicht über die behandelten Themen im Unterrichtsfach Chemie sowie deren Ausmaß und Kurzbeschreibung. Zu jedem Thema und in jeder Stunde gab es mindestens ein Experiment, das von den SchülerInnen selbst durchgeführt wurde.

Thema	Anzahl an Stunden	Kurzbeschreibung der Themen
Grundlagen der Chemie	2 x 90 Min	Periodensystem der Elemente, chemische Verbindungen, Stöchiometrie, chemische Reaktionsgleichungen. SchülerInnenversuch: $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{NaHCO}_3$, Über- und Unterschichten von Phasen.
Stofftrennung	1 x 90 Min	Löslichkeit, Phasenumwandlung, Trennung von Stoffgemischen (Salz und Wasser), Vergleich von Wasseraufbereitungstechnik in Industrie, Forschung und am Schiff selbst. SchülerInnenversuch: Entwicklung, Konstruktion und Betreiben einer Apparatur zur Gewinnung von Wasser und Salz aus Meerwasser
Lumineszenz	1 x 90 Min	Chemo- und Biolumineszenz, Energietermschema, Energie und Licht, SchülerInnenversuch: Anpassen der Anleitung an die Schiffsbedingungen sowie Herstellen von Luminollösungen. Anschließendes Vergleichen der erstellten Chemolumineszenz mit der nächtlichen Biolumineszenz im Atlantik.
Alkohol	2 x 90 Min	Chemische Eigenschaften der Gruppe der Alkohole, Einsatz von Alkoholen in der Technik, Forschung und Alltag, Alkoholische Gärung, Gefahren und Risiken von Alkoholmissbrauch, Wirkung von Alkohol auf den Menschen, Abbau von Alkohol im Menschen. SchülerInnenversuch: Brennbarkeit von Alkoholen und das „brennende Taschentuch“ Gärung einer selbst angelegten Maische Zu dieser Unterrichtsstunde folgte eine freiwillige Vertiefungsstunde zum Thema Destillation.

Elektrochemie und Elektrizität	4 x 90 Min	Fächerübergreifend mit Physik: Elektrolyse, Galvanische Zellen, Reduktions- und Oxidationsreaktionen, Elektrochemische Spannungsreihe, elektrochemisches Potential Schülerversuche: Konstruktion einer Batterie aus Materialien auf dem Schiff sowie Identifikation von Metallen über die elektrochemische Spannungsreihe, Elektrolyse und Gewinnung von elementarem Kupfer und Chlorgas
---------------------------------------	------------	---

Neben den regulären Chemiestunden wurden auch freiwillige, chemische Zusatzeinheiten angeboten. Diese Zusatzeinheiten beschäftigten sich teilweise mit weiterführender Theorie aus dem Regelunterricht oder zusätzlichen Schülerversuchen. Viele dieser Extraeinheiten entstanden spontan oder auf Anfrage seitens der SchülerInnen. Beispielsweise stellten wir Seife her, nachdem im Sturm ein 3-Monatsvorrat an Seife verloren gegangen ist und eine Schülerin nachgefragt hatte, ob wir Seife auch selbst herstellen könnten. Auf einem Wanderausflug auf einem Vulkan fanden wir gelbe Steine, vermutlich Schwefel, also beschlossen wir auf dem Schiff weiterführende Experimente anzustellen. Eine Übersicht über den Inhalt der chemischen Extraeinheiten liefert folgende Tabelle 5:

Tabelle 5 Übersicht über die behandelten Themen in den zusätzlichen Chemieeinheiten sowie deren Kurzbeschreibung. Die Teilnahme war stets freiwillig. Die Themen hatten stets einen direkten Bezug zu einem Ereignis, unserer derzeitigen Lokalisation oder einem Wunsch seitens der SchülerInnen.

Thema	Kurzbeschreibung
Stofftrennung II	Weiterführende Experimentalstunde, die auf der Stofftrennungsstunde des Vortags aufbaute. Es wurden neue, anspruchsvollere Konstruktionen erstellt, um den Wirkungsgrad und Ausbeute zu erhöhen.
Physikalische Chemie: Phasenübergänge, Energie, Enthalpie und Wärme	Theoretischer Hintergrund zur Bestimmung der Luftfeuchtigkeit, Energiebedarf bei Änderung der Aggregatzustände und der Zusammenhang mit Wärmekapazität, Einführung in chemische Phasendiagramme, Bezug zum Alltag
Seife sieden	Praktisch: Herstellen von Seife aus auf dem Schiff verfügbaren Materialien
Kohlenhydrate und Zucker	Einführung in die Grundlagen der Chemie des Zuckers sowie das Prinzip der Verkleisterung von Stärke sowie enzymatischer Stärkespaltung

	Praktisch: Nachweis reduzierender Zucker nach Fehling, enzymatische Stärkespaltung durch Amylase
Destillation von Alkoholen	Ausgiebige theoretische Einführung in das Prinzip der Destillation, sowie Planen, Konstruktion und Durchführung einer für den Schiffsalltag geeigneten Destillationsapparatur. Es wurde erfolgreich Weinbrand aus Weißwein destilliert.
Aktivkohle und Adsorption	Herstellung und praktische Anwendung eines Aktivkohlefilters zum Aufreinigen von Coca-Cola, Rotwein sowie der weitere theoretische Einsatz als Medikament oder in Gasmasken.
Münzen versilbern und vergolden	Praktisch: Es wurden zunächst Kupfermünzen versilbert und anschließend vergoldet. Prinzip von Metallbeschichtungen und Legierungen
Organische Chemie	Nomenklatur nach IUPAC, Prinzip und Mechanismen einfacher organischer Reaktion mit Schwerpunkt auf Additions- und Substitutionsreaktionen.
Reduktion und Oxidation	Oxidationszahlen, Reduktions- und Oxidationsgleichungen in wässrigen Lösungen,
Neutralisation	Protolyse von Säuren/Basen in Wasser, ein und mehrprotonige Säuren/Basen, Neutralisation, pH-Wert und logarithmische Skala, Konzentration und Verdünnung,
Kristalle züchten	Praktisch: Züchten von CuSO_4 Kristallen aus einer CuSO_4 Lösung unter Schiffsbedingungen. Theoretisch: Oberflächlich Löslichkeitsprodukt, Fällung und gesättigte Lösungen, Kristallisation, Czochralski Verfahren,
Schwefel, Schwefeloxide und Schwefelige Säure	Praktisch: Gewinnung von elementarem Schwefel aus gesammelten Steinen aus dem Pico Areal. Verbrennung des Schwefels zu Schwefeloxiden, Herstellung von Schwefeliger Säure und aussetzen an geschnittenen Äpfeln. Theoretisch: Konservierung von Lebensmitteln, Wasseraktivität, Reaktionen des Schwefels
Kalkkreislauf	Praktisch: Reaktion von kalkhaltigen Muscheln und toten Korallen mit konz. HCl Theoretisch: Kalkkreislauf

Zusätzlich nahmen 16 SchülerInnen am „Science Pathway“ teil. Der Science Pathway war ein Forschungsprojekt, in welchem die SchülerInnen während der Reise unter Betreuung des Lehrpersonals Daten sammelten und auswerteten. Die Ergebnisse wurden vor dem gesamten Plenum präsentiert und in einem wissenschaftlichen Essay protokolliert. Inhaltlich waren die Pathways in den Naturwissenschaften Chemie, Biologie und Physik sowie Geografie angesiedelt, sodass sie als eine inhaltliche Erweiterung des Unterrichts gesehen werden konnten. Genauer zum Science Pathway folgt unter Kapitel 10 Science Pathway Forschungsprojekt.

Um sich eine konkrete Vorstellung zu machen, folgen einige exemplarische Beschreibungen von Unterrichtsstunden oder freiwilligen chemischen Zusatzeinheiten. Der Fokus liegt auf der Umsetzung des experimentellen Teiles, da sich die Erklärung des theoretischen Hintergrundes in ihrer Umsetzung nicht wesentlich von einer typischen Chemiestunde unter Normalbedingungen unterscheidet.

Auf Grund sich ständig ändernder Umstände war eine rigide Stundenplanung weder möglich noch sinnvoll. Als Lehrperson war es sinnvoller, sich die Themen, Materialien und Methoden zu Recht zu legen, da sowohl die Dauer als auch der Zeitpunkt der einzelnen Unterrichtssequenzen oft nicht vorausgeplant werden konnten. Aus diesem Grund wird auch in dieser Masterarbeit auf die üblichen Zeitplanungstabellen verzichtet.

Weiters ist es notwendig darauf zu verweisen, dass ich ebenfalls in den Unterrichtsfächern Biologie und vor allem Physik schülerbasierten und zu einem großen Teil experimentellen Unterricht geleitet habe. Die Unterrichtsbedingungen waren vergleichbar und auch die Umsetzung wäre für eine fächerübergreifende Ausweitung der Fragestellung interessant. Laut statistischen Umfragen waren die Endbenotungen sehr ähnlich wie in Chemie (Sehr Gut). Um den Rahmen dieser Arbeit jedoch nicht zu sprengen, fokussiert sich diese Arbeit, neben dem kurz angeschnittenen Science Pathway, auf den chemischen Teil, was in etwa einem Drittel meiner Unterrichtstätigkeit entsprach.

6. Chemiestunden

6.1 Chemiestunde: Allgemeine Grundlagen II

Vorbereitung:

Der Wissensstand der SchülerInnen war auch nach der ersten Chemiestunde sehr heterogen. Teilweise hatten die SchülerInnen keine Kenntnis von Bindungen oder des Periodensystems. Für diese Chemiestunde sollte die Klasse daher sowohl am Vormittag als auch am Nachmittag aufgeteilt werden. Die Anfängergruppe sollte die Grundlagen der Chemie im Klassenraum mit mir kennen lernen. Die „Profis“ sollten selbstständig einen ungefährlichen Versuch an Deck durchführen, das „Über- bzw.

Unterschichten“. Zusätzlich würden die Profis in einer zusätzlichen chemischen Extraeinheit gezielt gefördert werden. Am Beginn der Stunde sollte es ebenfalls eine schriftliche Wiederholung aus dem Stoff der letzten Chemiestunde geben. Nach Möglichkeit würde ich die Massenzunahme von Stahlwolle beim Verbrennen demonstrieren.

Schriftliche Wiederholung zu Verbindungen, PSE und Summenformel

Stelle die Summenformel von CO, AlO, MgF richtig. Was ist ein Valenzelektron und wo finde ich Angaben dazu im Periodensystem der Elemente?

Stelle die Summenformel von OH, AlO, CaCl richtig. Was ist die Ordnungszahl und wo finde ich sie im Periodensystem der Elemente?

Umsetzung

Geteilter Unterricht: Die „Profis“ führten auf dem „weldeck“ (Mittelteil des Schiffes, an der freien Luft) einen Versuch mit unmischtaren Flüssigkeiten mit unterschiedlichen Dichten durch. Hierbei löste ich auch ein Versprechen aus dem Biologie- und Physikunterricht ein. Der Versuch zum Verbrennen von Stahlwolle zur Demonstration von Oxidation war auf Grund des Schiffgeschaukels nicht möglich. Die Sicherheit des Schiffes war unter diesen Bedingungen nicht gewährleistet.

Die „Profis“ erhielten folgendes Ziel: Erstellen von 4 klar getrennten Phasen in einem RG, dazu erhielten sie Plastikpasteurpipetten, gefärbtes Leitungswasser sowie Cola. Sie sollten sich zusätzlich aus der Galley Öl und NaCl für gesättigtes Salzwasser besorgen. Sie erhielten keine weiteren Anleitungen und sollten durch Experimentieren zum Ziel kommen, sie mussten auch eine sinnvolle Reihenfolge der Schichten selbst herausfinden. Cola, mit der höchsten Dichte, hat auch den Störfaktor der Kohlensäure, die als aufsteigendes Gas die Schichtstrukturen stört. Sie musste von den SchülerInnen durch Schütteln vor dem Unterschichten entfernt werden. Zusätzlich sollte das gewohnte Versuchsprotokoll erstellt werden.

Mit dem Rest der Klasse habe ich das Aufstellen und Ausgleichen von Reaktionsgleichungen und Summenformeln geübt. Am Ende der Einheit (etwa 45min) hatten augenscheinlich alle das Prinzip verstanden, konnten eigenständig eine Pause nach eigenem Ermessen halten, um sich danach den „Profis“ beim Experimentieren anschließen. Alle konnten sich aussuchen, ob sie von Anfang an mit derselben Anleitung wie die „Profis“ arbeiten wollen, sich von den „Profis“ einschulen lassen wollen oder von mir die „richtige“ Methode vorgezeigt haben wollen.

Fachdidaktische Analyse

Mir ist bewusst, dass eine Auftrennung nach Dichte ein physikalischer Versuch ist, aber das Verbrennen von Stahlwolle konnte ich kurzfristig nicht durchführen und ich habe einen ungefährlichen Versuch für die „Profis“ gebraucht. Außerdem hatte ich den Dichteversuch den SchülerInnen versprochen.

Dies sollte die einzige Chemiestunde sein, mit der ich, sowohl unmittelbar danach als auch nach Abschluss der Reise, unzufrieden war. Obwohl ich vor den Stunden die SchülerInnen nach ihren Unterrichtsjahren in Chemie oder vergleichbaren Fächern (zum Beispiel Labore, Naturwissenschaftskunde oder Ähnlichem) befragt hatte, zeichnete sich auch in dieser Stunde ein äußerst differenziertes Bild.

Durch die Teilung des Unterrichts in zwei Gruppen konnte ich die Fortgeschrittenen zumindest teilweise sinnvoll beschäftigen, wobei sie im Grunde auf sich allein gestellt waren. Die Anfänger beanspruchten meine gesamte Aufmerksamkeit. Aus meiner Sicht habe ich somit das Potential der Fortgeschrittenen nicht ausgeschöpft.

Für die weiteren Chemiestunden sollte ich Schlüsse aus dieser Einheit ziehen und Programm bieten, bei dem möglichst alle sinnvoll mitarbeiten konnten. Die folgende Chemiestunde zur Stofftrennung sollte sehr erfolgreich werden.

Ein weiterer Nachteil war aus meiner Sicht, dass mehrere SchülerInnen mit dem System noch überfordert waren, insbesondere dem Schlafrhythmus sowie der Seekrankheit, einsetzendem Heimweh und einer noch nicht etablierten Unterrichtsroutine.

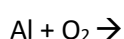
Das Experimentieren schien den SchülerInnen am Meisten zu gefallen, sodass ich beschloss hier meine Schwerpunkte zu legen. Mehrere SchülerInnen erwiesen sich als sehr geschickt und kreativ, was gute Voraussetzungen für Forschendes Lernen bot. Obwohl dieser Versuch ein sehr simpler Versuch war, hatte ihn niemand von den SchülerInnen bisher selbst durchgeführt, sodass seine Bedeutung durch dieses neue Erlebnis stieg.

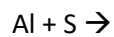
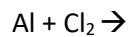
6.2 Chemiestunde: Stofftrennung

Schriftliche Wiederholung zum Schulstoff der vorangegangenen Chemiestunde:

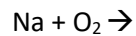
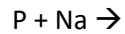
Im Rahmen der schriftlichen Wiederholung mussten die SchülerInnen Reaktionsgleichungen aufstellen und ausgleichen.

Gruppe 1:





Gruppe 2:



Planung

Die Planung für die Vormittagseinheit und die Nachmittagseinheit gestaltete sich leicht unterschiedlich. Am Nachmittag gab es deutlich mehr ältere SchülerInnen, die bereits ein gutes Vorwissen in Chemie aufwiesen.

Vormittag: reine Experimentierstunde/nach Wahl Theorie.

Nachmittag: reine Experimentierstunde/nach Wahl anspruchsvollerer Aufbau einer Apparatur zur Herstellung eines Dichtegradienten

Aufgabe für die SchülerInnen: Gewinnt in Gruppen möglichst viel Salz aus dem Meerwasser. Die Gruppe, die am Meisten Salz gewinnt, bekommt ein Aufgabenplus. Alles an Schiffsabfall darf verwendet werden. Jede Gruppe erhält eine begrenzte Anzahl an Teelichtern (6), Draht und eine Metalldose (Tomatensoße). Übermäßiger Drahtkonsum bedeutet Punkteabzug. Bewertet werden die Menge und optische Reinheit des Produktes.

Anmerkung zu der Aufgabenstellung: Es war nicht möglich, den SchülerInnen den Arbeitsauftrag schriftlich zu geben, da an Deck Laptops und Beamer zu gefährdet wären. Papier wurde nicht zum Kopieren oder Drucken von Arbeitsanleitungen verwendet. Aufgabenstellungen wurden stets mündlich erteilt und wurden eventuell durch Notizen und Skizzen auf dem Whiteboard unterstützt.

Beurteilungskriterien:

- Aufbau der Apparatur
- Protokoll
- Salzmenge (trocken, Punkteabzug bei nass, Punkteabzug bei sichtbarer Verunreinigung)
- Extraplus, falls es jemand schafft, Trinkwasser aus dem Kondensat zu gewinnen

Umsetzung:

Nach der schriftlichen Wiederholung stürzten sich alle auf die gestellte Aufgabe. Alle SchülerInnen wollten die Salzaufgabe angehen. Da niemand die Plastikgradientenapparatur bauen wollte, wurde diese auf ein anderes Mal verschoben. Dasselbe galt für die Beschäftigung mit weiterführender Theorie zu Stöchiometrie und chemischen Grundlagen befassen. Zwecks Übersicht werden die einzelnen Gruppen mit Buchstaben durchnummeriert.

Gruppe A stellte 2 Flaschen auf und spannte zwischen ihnen eine Schnur auf. Ihr Wassergefäß hängten sie von dieser Schnur über die Kerzen. Diese Apparatur gewann den Preis für den „coolsten Apparaturaufbau“, allerdings zeigte sich diese Methode mäßig erfolgreich. Gruppe A fokussierte sich anschließend auf die Gewinnung von Frischwasser und somit ein sicheres Aufgabenplus, was ihr auch gelang. Sie hielten ein leeres Marmeladenglas verkehrt über ihre Apparatur, wo der Wasserdampf am kühlen Glas kondensierte. Alle 2 Minuten wechselten sie das Glas und stellten es in den Kühlschrank, um den Abkühlvorgang zu beschleunigen. Hierbei handelte es sich vollständig um Ideen der SchülerInnen.

Die anderen Gruppen probierten verschiedene Konstruktionen aus, auch die „gescheiterten“ wurden protokolliert. Gruppe B erprobte eine andere Taktik erfolgreich: sie tröpfelte eine dünne Wasserschicht auf das schwarze „RIB“ (Schlauchboot) und schwarze Fender an Deck. Nachdem das Wasser in der heißen Sonne verdunstete, kratzten sie das Salz ab. Andere imitierten dies und versuchten dies an der Reling, kratzten dabei aber recht viel Holz und Lack ab, sehr zu dem Ärgernis des Bootsmanns.

Gruppe C legte neben ihrer Kerzenapparatur den Deckel eines Marmeladenglases flach auf das Deck. 3 SchülerInnen der Gruppe C hielten alle Handspiegel, die sie besaßen, um zusätzlich Sonnenlicht auf ihr Wasser zu reflektieren. Obwohl diese Methode nicht erfolgreich war, war die Kreativität und das kontinuierliche Engagement bewundernswert.

Die „Gewinnergruppe D“ erstellte eine Art Hochofen in einer großen Konservendose. Sie legten 3 Kerzen in die Dose, bastelten ein Dreibein aus Draht und positionierten ihr Gefäß mit etwas Wasser darüber. Sie deckten die Konstruktion ab, gewährleisteten aber etwas Luftzufuhr. Dies war ihr zweiter Aufbau, beim ersten Aufbau stellten sie eine mit Wasser gefüllte Konservendose auf Plastikschräuseln – doch hier war der Abstand zu den Kerzen zu groß und sie wechselten sehr schnell die Methode.

Die Nachmittagsgruppen arbeiteten verstärkt mit Alufolie als leichten Träger und guten Wärmeleiter. Gruppe E bastelte aus Draht einen langen Löffel und befestigte daran ein durchbohrtes Teelichtschälchen. Diese mit Salzwasser befüllte „Angel“ hielten sie in ihre Flammen hinein.

Eine weitere Gruppe F versuchte mit einem Dach aus Alufolie und kalten Wasser darauf Wasser aufzufangen. Allerdings war das Wasser nicht genießbar, womöglich war ihre Alufolie vorhin etwas verdreckt oder es war kondensierter Wasserdampf darauf.

Auf den folgenden Abbildungen 5-8 sind einige Eindrücke aus dem experimentellen Unterrichtsgeschehen dargestellt.



Abbildung 6 SchülerInnen beim experimentellen Arbeiten zum Thema Stofftrennung. Die SchülerInnen versuchen durch den Aufbau eigener Apparaturen Meerwasser in genießbares Wasser und Salz zu trennen.



Abbildung 5 SchülerInnen beim experimentellen Arbeiten zum Thema Stofftrennung. Die SchülerInnen versuchen mit einem leeren und gekühlten Marmeladenglas Wasserdampf aufzufangen. Im Hintergrund reflektiert eine Schülerin mit einem Handspiegel Sonnenlicht auf eine Probe Meerwasser, damit es schneller verdampft.



Abbildung 7 SchülerInnen beim experimentellen Arbeiten zum Thema Stofftrennung. Die SchülerInnen der Nachmittagsgruppe verwenden verstärkt Alufolie.

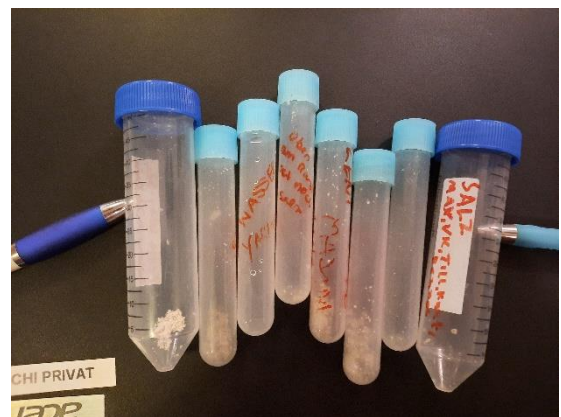


Abbildung 8 Hier ist das gewonnene Salz der einzelnen Gruppen dargestellt. Die Menge wurde nach Augenmaß bestimmt. Man erkennt eindeutig unterschiedliche Grade an Reinheit durch Verfärbung und Feuchtigkeit.

Fachdidaktische Analyse

Die SchülerInnen meinten geschlossen, dass dies die „coolste Stunde bisher“ war und sie, wenn möglich, gerne eine zweite Runde hätten. Aus meiner Sicht war diese Stunde ein voller Erfolg, trotz mäßiger Salzausbeute. Alle SchülerInnen waren sehr engagiert und die Gruppen hatten auf Grund sehr vager Vorgaben und nur einem Ziel unglaublich viele Ideen. Sie erhielten als Limitierung für Wärmequellen eine abgezählte Anzahl an Teelichtern und Sonne, wobei die Sonne bei der Planung nicht berücksichtigt wurde. Sie durften alles an „Schiffsmüll“, ihren eigenen Gegenständen und Draht verwenden. Zusätzlich erhielt jede Gruppe eine Plastikpasteurpipette und jeweils eine große Metalldose.

Die SchülerInnen fragten auch unterschiedliche Mitglieder der Permanent Crew, die Tipps gegen die übliche Bordbestechung (Süßigkeiten, Nachtisch) anboten. Durch diese Unterrichtsstunde nahmen die professionellen Crewmitglieder meinen experimentellen Unterricht fortan mit Neugierde und Interesse auf. Die Unterstützung für meinen experimentellen Chemieunterricht seitens der professionellen Crew in Form von Vertrauen und Teilnahme stieg nach dieser Chemiestunde deutlich.

Jede Gruppe fertigte ein ordentliches Versuchsprotokoll an, mit Material, Skizze, Durchführung, Auswertung sowie stichwortartigen Beschreibungen der gescheiterten Versuche. Im Anhang 3 befinden sich einige exemplarische Protokolle zu dieser Unterrichtsstunde.

Anmerkung: Die Idee zu dieser Umsetzung war eine äußerst spontane Idee und kam mir etwa 30 Minuten vor Stundenbeginn. Das spontane Ändern der gesamten Stundenplanung sollte ein regelmäßiges Unterfangen im Verlauf dieser Reise werden.

Anhang zur Chemiestunde Stofftrennung:

Am folgenden Tag, als ich nach meinem freiwilligen Galleydienst 4 Stunden Pause hatte (wir waren sehr schnell und effizient) kam ein Schüler (15) auf mich zu, da er einen Betreuer für sein feuerhaltiges Experiment brauchte. Er hatte sich denselben Versuchsauftrag vom Vortag als Vorlage für eine neue Versuchsanordnung genommen und selbstständig in seiner Freizeit getüftelt. Dieser Schüler wollte anfangs gar nicht am regulären Chemieunterricht teilnehmen, da er das Fach abgewählt hatte. Gemeinsam testeten wir seine Konstruktion, die erfolgreicher war als seine gestrige, und beschlossen anschließend die Dimension ein wenig zu erhöhen. Wir konstruierten aus Draht und einer sehr großen Dose (5kg Tomatensoße) ein Dreibein und verwendeten einen Bunsenbrenner. Das Interesse einer weiteren Schülerin (15) wurde geweckt, die sich uns ebenfalls anschloss. Obwohl sehr viele Zuseher dieses Projekt anfangs bespöttelten, funktionierte unser Dreibein einwandfrei, auch bei Schiefelage war es sehr leicht anpassbar.

Der Schüler präsentierte beide Versuchsaufbauten in kurzen Videos und war überglücklich, den Wirkungsgrad von dem Experiment deutlich erhöht zu haben. Anschließend genoss er wenig später sein Butterbrot mit selbstgewonnenem Salz. Ich hatte ein neues Dreibein, welches ich in Zukunft auch weiterhin bei kommenden Experimenten verwenden würde.

In den folgenden Abbildungen 9 bis 11 sind das Dreibein sowie der Hochofen aus der Coladose abgebildet:



Abbildung 11 Der Schüler präsentiert seinen, in der Freizeit erstellten, Ofen aus einer Coladose. In einem Video erklärt er zusätzlich auch die einzelnen Vorrichtungen seiner Konstruktion



Abbildung 10 Das selbstgebaute Dreibein im Einsatz. Die große Metalldose schützte die Brennerflamme vor Wind und bot Stabilität. Der obere Teil des Dreibeins gewährte Luftzufuhr und war an die Schräglage Dank seiner Drahtkonstruktion gut anpassbar. Die Drahtkonstruktion ist mit der Dose fest und stabil verbunden.

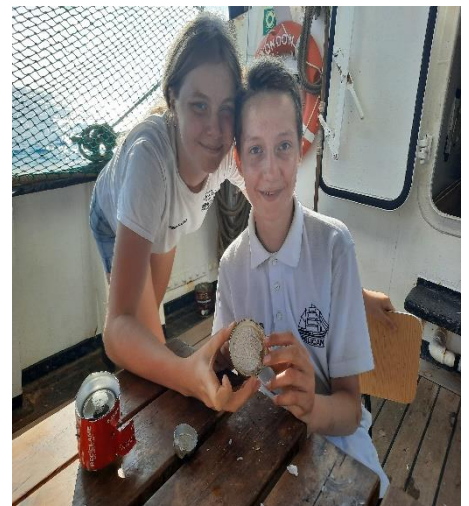


Abbildung 9 Die SchülerInnen präsentieren ihre Salzausbeute. In deutlich kürzerer Zeit konnten sie mehr Salz als am Vortag gewinnen. Dieses Salz sollte später von den SchülerInnen auf einem Butterbrot verspeist werden.

6.3 Chemiestunde: Luminol und Chemolumineszenz

Planung:

Schriftliche Wiederholung: Erkläre, wie man Salz aus Salzwasser gewinnen kann. Beschreibe mindestens 1 Verfahren und fertige davon eine Skizze an.

Schülerversuch Luminol – die SchülerInnen werden in 3 Gruppen aufgeteilt, jede Gruppe soll Luminollösungen selbst herstellen. Die Gruppen werden angehalten, bei H_2O_2 etwas andere Mengen zu nehmen, da die Konzentration auf Grund falscher Lagerung unsicher ist. H_2O_2 müsste im Kühlschrank gelagert werden, was bei uns seit mehreren Monaten nicht der Fall war. Waagen funktionieren nicht auf Grund des schwankenden Schiffes.

Theorie: Zusammenhang zwischen Luminol- und Chemolumineszenz und Biolumineszenz von Algen in Wasser mittels Jablonsky Termschema erklären

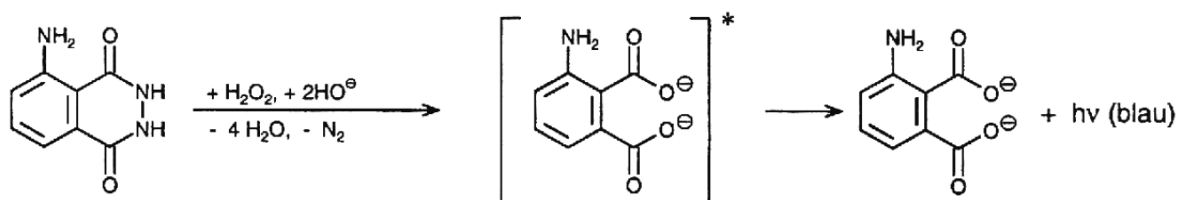
Umsetzung:

Am Abend vor der Chemiestunde habe ich alle SchülerInnen gefragt, ob sie am Folgetag einen Versuch zur Lumineszenz ausprobieren möchten, obwohl die Erfolgschancen sehr gering waren. Am Abend davor konnten wieder Biolumineszenz von Algen beobachtet werden. Entgegen meinen Erwartungen, waren alle befragten SchülerInnen dafür. Beim Frühstück, am Tag der Chemiestunde war die Aufregung bereits groß, einen Chemieversuch zu wagen, der vermutlich scheitern würde. Ich hatte mir mit den SchülerInnen ausgemacht, dass falls der Versuch scheitern sollte, sie kein Protokoll anfertigen müssten. Falls wir dennoch eine Lumineszenz schaffen sollten, so würden alle ein Aufgabenplus bekommen.

Laut Anleitung³⁸ mussten unter Laborverhältnissen die Lösungen A und B möglichst genau erstellt werden und anschließend im richtigen Verhältnis 1:1 gemischt werden.

Lösung A: 0,1g Luminol werden in 5 mL 10% NaOH gelöst und mit Wasser auf 400mL aufgefüllt.

Lösung B: 1,5g $K_3[Fe(CN)_6]$ werden in 100mL gelöst, 3mL 30% H_2O_2 zugesetzt und mit Wasser auf 400mL aufgefüllt.



Die SchülerInnen wurden in 3 Gruppen aufgeteilt und sollten alle Lösung B herstellen. Volumina von Flüssigkeiten konnten relativ einfach und genau mittels Messuren abgemessen werden. Waagen waren bei dem Wellengang nicht vernünftig einsetzbar. Trotzdem haben es die Schüler versucht. Bei den Einwaagen musste daher viel improvisiert werden:

0,1g Luminol – wir nahmen etwa 1/10 der 1g Dose

1,5g $K_3[Fe(CN)_6]$ – eine Spatelspitze

5g NaOH – ein etwa 3x Häufchen wie bei $K_3[Fe(CN)_6]$. (Dies war ein Vorschlag von Schülern, ich habe sie walten lassen und habe nicht unnötig die unterschiedliche Dichte erwähnt. Die Einwaagen wären ohnehin ungenau.)

³⁸ Vgl: Flandorfer H., et al. Schulversuchspraktikum SS2019, Universität Wien 2019, 201-203.

Anmerkung: Die Einwaagen und Verhältnisse wurden in Laborbedingungen mehrmals erprobt und sind auch mit den empfohlenen Mengen der Anleitung im Schulversuchspraktikum der Universität Wien ident.³⁹

Die SchülerInnen kamen auch auf die Idee, die Waage auf dem gyrostatistischen Kompass zu verwenden, allerdings funktionierte auch das nicht. Davon abgesehen, hätte das Magnetfeld der elektrischen Waage den Kompass verstellen können. Elektrische Geräte sind in der Nähe des Kompasses streng verboten. Ein gyrostatistisches Gerät versucht durch spezielle Vorrichtungen die Schaukelbewegungen auszugleichen und dadurch möglichst eben zu sein.

Laut meinen Überlegungen waren das Verhältnis zwischen Peroxid und Luminol entscheidend, also ließ ich die Schüler getrost experimentieren.

Jede Schülergruppe sollte eine eigene 400ml Lösung B herstellen, wobei ich allen unterschiedliche Mengen an Wasserstoffperoxid vorgab. Damit würde vielleicht eine der Gruppen die richtige Menge H_2O_2 treffen. Die Schüler sollten 10ml, 20ml bzw. 30ml Wasserstoffperoxid verwenden, laut Angabe hätten es 3ml einer 30% H_2O_2 Lösung sein sollen. Ich habe mich deswegen für diese 3 Schritte entschieden, da man 3% bzw. 9% Lösungen nicht zwingend gekühlt lagern muss. Ich vermutete, dass sich eine ähnliche Konzentration eingestellt hatte.

Schlussendlich sollte die 20ml H_2O_2 Menge funktionieren, am besten aber die 10ml Variante, was in etwa 9% H_2O_2 entsprechen würde. Die SchülerInnen konnten in Reagenzgläsern mit Pipetten oder größeren Marmeladengläsern die Lösungen mischen. Auf meinen Rat hin haben sie dazu dunkle Orte auf dem Schiff aufgesucht und mit dem Leuchten der Algen im Meer vergleichen.

Zum Abschluss gab es von mir eine theoretische Erklärung an der Tafel zum Energieschema, den Verweis auf den Einsatz von Luminol in der Forensik und den Verweis auf Biolumineszenz im Ozean. Ein Teil der Luminollösungen wurde aufgehoben, um eventuell bei Nacht mit dem Meer „mitzuleuchten“, wenn das nächste Mal wieder Biolumineszenz beobachtet werden sollte.

Aus meiner Sicht war dies eine sehr erfolgreiche Stunde, auch wenn das Abwaschen und Wegräumen der Materialien nicht mehr funktioniert hatte.

Am Nachmittag habe ich die Chemiestunde genau gleich aufgesetzt, dieses Mal funktionierte ebenfalls die 20ml H_2O_2 Lösung am besten, dieses Mal sogar deutlich besser als am Vormittag. Zum Abschluss

³⁹ Vgl: Flandorfer H., et al. Schulversuchspraktikum SS2019, Universität Wien 2019, 201-203.

erklärte ich ebenfalls den Hintergrund zu den Energieniveaus. 5 SchülerInnen blieben anschließend freiwillig weitere 20 Minuten, da sie den Hintergrund zu den Energieniveaus, den Zusammenhang zwischen Farben, Energie und Wellenlängen noch genauer erklärt haben wollten.

Didaktische Analyse:

Durch mein eigenes Anzweifeln der Erfolgsaussichten konnte ich sehr viele SchülerInnen zu diesem Versuch begeistern. Dadurch hatten sie die Möglichkeit, mich eines Besseren zu belehren. Es war eine große Herausforderung, den Zerfallsgrad des H_2O_2 auf Grund der falschen Lagerung abzuschätzen sowie das richtige Mengenverhältnis für die richtigen Luminollösungen zu treffen. Glück war definitiv ein Faktor beim Erfolg dieses Experimentes.

Nach dem äußerst erfolgreichen Forschenden Lernen in der Stunde zur Stofftrennung zeigten sich auch in dieser Stunde die SchülerInnen sehr kreativ mit ihren Lösungsansätzen, auf die Idee mit der Waage auf dem gyrostaten Kompass beispielsweise wäre ich nie gekommen.

Ich vermute, dass beim schülerbasierten, experimentellen Chemieunterricht unter Extrembedingungen kreative Lösungsvorschläge an die SchülerInnen ausgelagert werden sollten. Klassische Versuchsanleitungen, die in einem entsprechend ausgestatteten naturwissenschaftlichen Labor wie Kochrezepte nachgekocht werden können, sind nicht durchführbar. Gegenüber den SchülerInnen hat die Lehrperson somit noch immer den Vorteil des vorhandenen Fachwissens und der Erfahrung, allerdings nicht den der Routine.

Für mich war dies ein absolutes Glücksgefühl, dass sich SchülerInnen derart über das geforderte Maß hinaus für die Chemie und die Umwelt, in der wir sie betreiben aber auch die Hintergründe interessieren. Gleichfalls war ich sowohl von mir selbst als auch von den SchülerInnen beeindruckt, dass dieses Experiment gelungen ist.

6.4 Zusätzliche Chemieeinheit: Schwefel und Obsidian

Während unseres Aufenthaltes auf den Kanaren sammelte ich mit etlichen motivierten SchülerInnen im Vulkangebiet mehrere Brocken Obsidian und gelber Steine, in denen ich reichlich Schwefel vermutete. Auf dem weiteren Verlauf der Reise hatte ich mit meinen neuen Materialien weitere Experimente geplant:

Der Obsidian, durch die Serie „Game of Thrones“ als „Drachenglas“ den Jugendlichen bereits bekannt, sollte als Rohstoff für die Herstellung von einfachen Schneidwerkzeugen dienen und später mit den antiken Artefakten in den Museen Süd- und Mittelamerikas verglichen werden.

Mit dem vermeintlichen Schwefel führte ich folgende Schülerversuche durch, die allerdings freiwillig und nicht mit dem Unterricht zusammenhängend waren. Man kann sich die immer wieder vorkommenden, freiwilligen Zusatzstunden wie ein vertiefendes Wahlpflichtfach vorstellen.

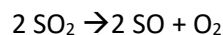
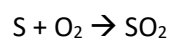
Versuch Schwefel, Schwefeloxid und Schwefelige Säure

Anleitung (mündlich):

1. Mit Werkzeugen, die du auf dem Schiff findest, zerkleinere das gelbe Gestein. Empfohlen sind Hammer, Mörser und Pistill.
2. Mit einem verlängerten Löffel⁴⁰ nimm etwas vom gemahlenen Gesteinspulver auf und erhitze es unter Anleitung des Lehrers über dem Bunsenbrenner. Achte dabei besonders auf Wind und die Schiffsbewegungen.
3. Beschreibe was du siehst, fühlst, hörst, riechst.

Erklärung: Im Gestein befand sich tatsächlich Schwefel, welcher beim Verbrennen gelbe, intensiv riechende Schwefeloxide freisetzte. Auf dem Schiff an der frischen Luft war das kein Problem, solange man sich auf der Leeseite (windabgewandte) befand.

Folgende Reaktionen finden bei der Verbrennung von Schwefel statt:

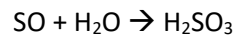


Weitere Experimente mit Schwefel:

1. Schneide einen Apfel in zwei etwa gleich große Stücke. Lege ein Apfelstück auf den Tisch, lege das andere Apfelstück in die Mensur. Bedampfe das Apfelstück in der Mensur mit den Schwefelgasen und bedecke anschließend die Mensur. Beschreibe deine Beobachtung sofort sowie nach 15 Minuten.
2. Tropfe 3 Tropfen Universalindikator und etwas Trinkwasser in die Mensur. Bedampfe das Wasser zusätzlich mit den Schwefeloxidgasen. Beschreibe deine Beobachtung.

⁴⁰ Ich habe in meiner Vorbereitung einen normalen Esslöffel an eine Holzklemme mit Superkleber geklebt, damit sich die SchülerInnen nicht am Löffel verbrennen. Der Löffelkopf wurde zusätzlich verbogen. Vieles an Materialien und Geräten musste selbst hergestellt und improvisiert werden.

Erklärung: Der Universalindikator zeigt an, dass der pH-Wert sinkt. Aus Schwefeloxid entsteht im Wasser Schwefelige Säure.



Die Schwefelige Säure ist auch als Nahrungsergänzungsmittel (E220) im Einsatz und wird zum Verlängern der Haltbarkeit von getrockneten Früchten eingesetzt. Aus diesem Grund wird das bedampfte Apfelstück nicht gelb und schrumpelig wie das an der Luft liegende Apfelstück.

Versuche zu Obsidian:

1. Mit Werkzeugen, die du auf dem Schiff findest, zerkleinere den schwarzen Obsidianbrocken. Welche Unterschiede zu den vorherigen, gelben Steinen kannst du beobachten? Woran erinnert dich das Verhalten von Obsidian.
2. Mittels Superkleber, Holzleisten und den Bruchstücken aus Obsidian, versuche ein „Aztekenmesser/Aztekenschwert“ nachzubauen. Welche Eigenschaften des Obsidians sind hier nützlich.
3. Härtetest: Lege ein Glasplättchen (Objektträger) und ein Reagenzglas als Referenzmaterialien auf den Tisch. Untersuche die relative Härte, indem du das Glas mit Obsidian versuchst zu ritzen. Das weichere Material sollte Kratzer haben, das härtere keine. Wiederhole dieses Vorgehen mit Messern oder Klingen aus Metall.

Erklärung: Obsidian ist kein Gestein, sondern ein natürlich vorkommendem Glas, das durch sehr hohe Temperaturen in vulkanischem Gebiet entstand. Obsidian ist sehr hart, aber spröde und eignet sich daher gut zum Schneiden, aber nicht zum Hacken. Glas ist amorph, eine Mischung aus festem und flüssigem Aggregatzustand.

Didaktische Analyse:

Bereits bei der Wanderung waren etliche SchülerInnen sehr aufgeregt, als ich Ihnen die gefundenen Brocken zeigte und meine Vermutungen erklärte. Beim Experimentieren fanden sich etwa 10 freiwillige SchülerInnen, die gemeinsam in unserer Freizeit die Versuche durchführen wollten. Es war ein besonderer Reiz für die SchülerInnen, dass ich nur Vermutungen und Vorschläge für die Durchführung hatte und keinerlei Garantie auf Erfolg geben konnte.

Da das gesamte Forschende Lernen freiwillig war, waren alle TeilnehmerInnen sehr motiviert und brachten selbst neue Ideen ein, vor allem beim Zerkleinern der Brocken.

Die SchülerInnen waren sehr beeindruckt, dass man Chemie mit Gegenständen aus unserem „Alltag“ betreiben kann, nicht nur mit gekauften Chemikalien aus Dosen. Selbst eine karge Landschaft, in der man scheinbar nur wandern kann, konnte reichlich Experimentiermaterial für Naturwissenschaftler bieten.

6.5 Zusätzliche Chemieeinheit: Physikalische Chemie

Hintergrund:

Die SchülerInnen mussten bei jeder Wacheinheit die Luftfeuchtigkeit bestimmen. Hierbei wurden zwei nebeneinander befindliche Thermometer abgelesen, wobei eines konstant befeuchtet war. Durch eine konstante Verdampfung des Wassers wies das feuchte Thermometer stets eine niedrigere Temperatur auf, außer man erreichte den Sättigungsgrad der Luft oder das Thermometer befand sich im Trockenen. Der 1. Offizier hat das Prinzip der Abkühlung bei der Verdampfung des Wassers allen SchülerInnen mehrmals vereinfacht erklärt und ebenfalls mit der Funktion des Schwitzens beim Menschen verglichen.

Bei der Atlantiküberquerung mussten wir täglich mit Temperaturen jenseits 30° zu Recht kommen, die Kabinen unter Deck waren besonders heiß und stickig. Zusätzlich funktionierte auf dieser Etappe weder Belüftung noch Klimatisierung. 3 Schüler kamen auf die Idee, viele nass triefende Handtücher in ihrer Kabine aufzuhängen, um so die Kabine abzukühlen. Sie verschlossen zusätzlich die Tür, alle Bullaugen (Fenster) mussten auf See ohnehin stets geschlossen sein.

Der 1. Offizier hatte bei seinen täglichen Kabineninspektionen einen sonderlichen Schrecken und hatte mich aufgefordert, den betroffenen Schülern ausführlich zu erklären, warum ihre Durchführung eine schlechte Idee gewesen sei. Die Kabine wurde danach offiziell „Jungle“ genannt, die darin wohnenden Burschen wurden somit zu den „Jungleboys“.

Planung und Umsetzung:

Die 3 Schüler, alle im Alter 16-18, waren naturwissenschaftlich sehr engagiert, sodass ich für sie eine Unterrichtseinheit aus dem Bereich der physikalischen Chemie kreierte. Mein Ziel war es, ihre Belehrung sinnvoll zu gestalten und wissenschaftlich zu untermauern.

Aus ihrem Fehlkonzent leitete ich folgende Themen für die Unterrichtsstunde ab:

- Energie und Enthalpie (war den Schülern bereits gut vertraut)
- Änderung der Aggregatzustände, auch aus energetischer Sicht
- Destillation und dazugehörige Temperatur/Zeit Diagramme
- Phasendiagramme
- Luftfeuchtigkeit

Im Anhang 1 befinden sich meine Originalnotizen für die Stunde, einer von wenigen Ausdrucken in einfacher Ausführung. Als Abschluss mussten die Jungleboys ausrechnen, um wieviel °C ihr Handtuch abgekühlt wurde. Hier befand sich ein Fehler, den ich bewusst in Kauf genommen hatte, da ich ihnen die Wärmekapazität von Wasser angab, statt der Wärmekapazität von Textilien. Ich hatte auf hoher See kein Internet zur Recherche zur Verfügung, für das Verständnis und das Rechenbeispiel ist ein anderer Wert jedoch nicht relevant.

Die gesamte Unterrichtseinheit dauerte etwa 30-40 Minuten, die Schüler waren nicht freiwillig dabei, waren aber dennoch sehr engagiert. Ich hatte auch deutlich gemacht, dass wir uns mit gehobener Chemie befassten, die über den regulären Schulstoff hinausging, ich dies ihnen aber trotzdem zutraute. Sie fragten regelmäßig nach und mussten mir die Prinzipien im Nachhinein selbst erklären. Das Rechenbeispiel lösten sie gemeinsam und selbstständig, sie fragten lediglich bei den einzelnen Schritten nach, um sich abzusichern. Abschließend erfolgte eine mündliche Prüfung durch den 1. Offizier.

6.6 Zusätzliche Chemieeinheit: Chemieunterricht in Quarantäne, mitten im Dschungel und abgeschnitten von der Außenwelt.

Eine Beschreibung der Ausgangssituation:

Wir (3 Lehrer, 1 zusätzlicher Betreuer, 31 SchülerInnen sowie 3 „Watchleader“) befanden uns auf der „One-World-Farm“ in Costa Rica mitten im Regenwald Costa Ricas, als wir bei uns nach Symptomen positive Covidfälle feststellten. Zunächst waren etwa 14 SchülerInnen mit mir in Quarantäne in einem gesonderten Haus, ich selbst war ebenfalls positiv. Am Folgetag kam ein Arzt und untersuchte bei Bedarf alle SchülerInnen mit starken Symptomen. Internet und Telefonkontakt war effektiv nicht vorhanden, man musste etwa 40 min zu Fuß zur nächsten Siedlung gehen, um nur mäßigen Empfang zu erhalten. Unterstützung gab es vom Besitzer der „One-World-Farm“, einem deutschen Auswanderer, der seit etwa 20 Jahren im Regenwald Costa Ricas mit seiner Familie lebt.

Im Verlauf der nächsten zwei Wochen kamen immer wieder neue positive Personen in das „Positive Haus“, die ich medizinisch betreute sowie beaufsichtige. Die erste Woche war besonders anstrengend, da hier viele SchülerInnen starke Symptome zeigten und parallel unter anderen Krankheiten wie Darminfekten, Panikattacken, Durchfall, Magenbeschwerden, Asthma und immer wieder neu auftretenden Verletzungen litten. Ich war die gesamte Zeit im Einsatz und nahm mir für alle Zeit, pro Nacht wurde ich im Durchschnitt 4-6 Mal geweckt und geholt.

Zusätzlich kamen immer wieder neue Schwierigkeiten wie das Versagen der Wasserpumpe oder Knappheit an Nahrungsmitteln, das Jagen von Skorpionen in den Zelten/Zimmern etc., um die ich mich kümmern musste.

Nach etwa einer Woche waren zwar deutlich mehr Personen im „Positiven Haus“, etwa 20, aber die Situation hat sich bezüglich der Versorgungslage und der Symptome deutlich verbessert, sodass Langeweile unter den SchülerInnen zu einem Thema wurde. Während die SchülerInnen sich im 40ha großen Regenwald auf dem Grundstück der Farm frei bewegen konnten und mit dem mittlerweile ebenfalls positiven Betreuer zahlreiche Aktivitäten durchführten, gab es in meiner sehr knapp bemessenen Freizeit kleine Inputs aus dem naturwissenschaftlichen Bereich. Hierbei handelte es sich weniger um klassischen Unterricht, sondern eher um freiwillige Zusatzexperimente, die sehr beliebt waren. Im Folgenden möchte ich mich auf den chemischen Aspekt einer solchen Experimentierserie fokussieren:

Aktivkohle: Adsorption, Wasserreinigung und Medikament:

Um unseren täglichen Trinkwasserbedarf zu decken, mussten wir rund um die Uhr eine Filteranlage betreiben. Die Filteranlage bestand aus einem Fass mit einem übergestülpten, sehr porösen Tontopf. In dem Tontopf befand sich reichlich Aktivkohle. Das „Leitungswasser“, welches bei diesem autarken Haus aus Grund- und gesammeltem Regenwasser bestand, wurde durch diesen Aktivkohlefilter hindurchgeleert. Der täglich rotierende Wasserbeatragte hatte alle 3 Stunden Wasser nach zu leeren, um einen fortlaufenden Betrieb zu gewährleisten.

Zum Erklären der Aktivkohle bereitete ich zusätzlich zwei (je nach Auslegung drei) weitere Schülerexperimente vor. Die SchülerInnen leerten in einen kleinen Aktivkohlefilter, bestehend aus Trichter, Kaffeefilter und Aktivkohle, Coca Cola beziehungsweise Rotwein. Beide Flüssigkeiten wurden entfärbt, die Cola durfte gekostet werden.

Schülerversuch Aktivkohle + Coca Cola

Anleitung: (vor Ort mündlich geliefert) Baue eine Filterstation, bestehend aus Trichter, Filterpapier sowie Aktivkohle auf. Leere Coca Cola durch die Filterstation und beobachte das Filtrat. Das Filtrat darf gekostet werden. Welche Unterschiede kannst du feststellen.

Schülerversuch Aktivkohle + Rotwein

Anleitung: (vor Ort mündlich geliefert) Baue eine Filterstation, bestehend aus Trichter, Filterpapier sowie Aktivkohle auf. Leere Rotwein durch die Filterstation und beobachte das Filtrat. Untersuche das Filtrat auch mit deinem Geruchssinn. Welche Unterschiede kannst du feststellen.

Erklärung: Man kann sich Aktivkohle wie einen Schwamm in Pulverform vorstellen, der kleine Partikel durch Adsorption aufsaugt. Adsorption ist eine Form der Anziehung zweier Stoffe. Die Partikelgröße und die Porengröße der Aktivkohle sind relevant.

Weitere praktische Anwendung:

Mehrere SchülerInnen klagten über Magenbeschwerden beziehungsweise Durchfall und erhielten bei Bedarf von mir medizinische Aktivkohle in Kapselform zum Schlucken. Die SchülerInnen sollten selbstständig versuchen, eine Erklärung für das Funktionsprinzip dieses Medikaments zu finden. Auch hierbei bindet Aktivkohle im Magen Partikel, in diesem Fall Schadstoffe, die anschließend ausgeschieden werden und somit für eine Beruhigung im Verdauungstrakt sorgen.

Der weitere potenzielle Einsatz von Aktivkohle als Geruchsverschluss, wie er auch in Gasmasken zum Einsatz kommt, sollte zu einem späteren Zeitpunkt auf dem Schiff durchgeführt werden.

Didaktische Auswertung

Diese Experimente hatten einen vollkommen anderen Charakter als alle bisherigen Versuche. Einerseits dienten diese Experimente der Ablenkung von Krankheit, Hunger und Langeweile. Weiters hatten manche SchülerInnen tatsächlich Interesse an den naturwissenschaftlichen Prinzipien des Filtrierens mit Aktivkohle. Der wesentliche Unterschied war allerdings, dass es allen vor Ort bewusst war, wie wichtig die Filteranlage in unserer Situation war. Ohne diese improvisierte und schülerbetriebene Filtrierstation hätten wir, in unserer ohnehin angespannten Situation, keinen Zugang zu sauberem Trinkwasser.

In dieser Situation bestand ich nicht auf die Anfertigung von Versuchsprotokollen. Einerseits hatte ich keine Energie oder Zeit um ordentliche Protokolle einzufordern. Ich hatte meine Prioritäten auf die einwandfreie und durchgängige Funktion der Filteranlage und nicht auf die schriftliche Dokumentation durch die SchülerInnen gesetzt.

7. Gescheiterte Experimente

Im Verlauf der Reise ist nicht jedes Experiment gelungen. In diesem Kapitel soll auch auf die gescheiterten Experimente eingegangen werden.

7.1 Kristalle züchten

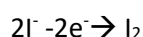
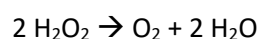
Im Labor lassen sich sehr einfach sehr schöne Kupfersulfatkristalle züchten. Zunächst gewinnt man einen Impfkristall, indem man eine gesättigte Lösung CuSO_4 an einem ruhigen Ort stehen lässt und das gesamte Wasser verdampfen lässt. Aus dem Niederschlag wählt man einen möglichst großen CuSO_4 -Kristall aus, befestigt ihn an eine Schnur und hängt ihn in ein hohes Becherglas mit gesättigter CuSO_4 -Lösung. Beim langsamen Verdampfen fällt abermals Kupfersulfat aus, welches bevorzugt auf dem

Impfkristall kristallisiert. Entscheidend dabei ist, dass die Lösungen beim Kristallisieren langsam verdampfen und über längere Zeit ruhig stehen können.

Vor allem letzteres wurde zum Verhängnis. Das Gewinnen eines Impfkristalles hat funktioniert, für die Anreicherung des Kristalles wurde eine 0,5L PET-Flasche mit gesättigter CuSO₄-Lösung von der Kammerdecke an einer Schnur gehängt. Durch die Trägheit der Flasche sollte die Schiffsschwankung ausgeglichen werden. Auf dem verbliebenen Teil der Reise kam es allerdings zu mehreren Stürmen, sodass diese Versuchsdurchführung aufgegeben wurde.

7.2 Elefantenzahnpasta

Beim Versuch „Elefantenzahnpasta“ handelt es sich um einen Showversuch. In einem Gefäß wird etwas Spülmittel und 10% H₂O₂ gegeben. Anschließend leert man 5g KI in 5mL H₂O gelöst sowie fügt eine Spatelspitze MnO₂ hinzu. Braunstein katalysiert die Zersetzung von Wasserstoffperoxid zu Wasser und Sauerstoff. Das Spülmittel sorgt für eine starke Schaumbildung, das darin enthaltene O₂ kann über die Glimmspannprobe nachgewiesen werden. In einer Nebenreaktion wird Iodid zu Iod oxidiert.⁴¹



Dieser Versuch war ursprünglich für freiwillige Extraeinheiten geplant und hätte in einer Plastikflasche durchgeführt werden sollen. Bei diesem anderen Gefäß im Vergleich zu den herkömmlich verwendeten Messuren baut sich durch die annähernde Kegelform ein höherer Druck auf, sodass der Schaum höher nach oben schießt. Bei den improvisierten Durchführungen des Luminolversuches wurde allerdings deutlich mehr H₂O₂ verbraucht als ursprünglich geplant. H₂O₂ war auf der verbliebenen Reise nicht mehr zu erwerben, sodass dieser Versuch niemals zur Durchführung kam.

7.3 Glasblasen

Ich habe auf der TU Wien die Ausbildung zum Glasbläser gemacht und habe in meiner Lehrerkarriere jedes Jahr mit SchülerInnen kurz vor Weihnachten aus gläsernen Reagenzgläsern Weihnachtsbaumkugeln geformt. Da ich reichlich Reagenzgläser hatte und wir im Hafen von Lissabon in relativ ruhigem Gewässer lagen, wollte ich auch auf dem Schiff eine solche Stunde leiten.

Die Struktur von Glas ist amorph, sie weist sowohl Eigenschaften von Flüssigkeiten sowie Festkörpern auf. Bei hohen Temperaturen wird Glas weich und formbar. Sobald das Glas wieder abkühlt, erstarrt es wieder und wird hart und spröde. Da Glas ein sehr schlechter Wärmeleiter ist, kann ein Reagenzglas

⁴¹ Vgl: Flandorfer H., et al. Schulversuchspraktikum SS2019, Universität Wien 2019, 41-42.

auch mit bloßen Händen gehalten werden, während es am anderen Ende geschmolzen wird. Durch kräftiges Hineinblasen kann beispielsweise aus dem heißen Glas eine Kugel aufgeblasen werden oder durch Ziehen lange, dünne Rohre geformt werden.

Da ich bei den Reagenzgläsern auf Grund fehlender Beschriftung nicht wusste, um welches Glas es sich handelte und wie wärmeresistent sie waren, versuchte ich dieses Experiment zuerst selbst während die SchülerInnen im Rahmen des „Free Shore Leave“ (=Landgang) an Land waren. Der 2. Offizier diente mir hierbei als Testperson. Da mit offenem Feuer hantiert wurde, mussten die Versuche an Deck durchgeführt werden, unter Einhaltung der Sicherheitsvorkehrungen.

Bei der Durchführung erwies sich auch die geringe Brise als sehr störend für die Flammen der Kartuschenbrenner, die lange brauchten, um das Glas zum Schmelzen zu bringen. Wir mussten daher stets einen Windschutz aufrecht halten. Dennoch blies der Wind immer wieder die Brenner aus. Es gelang mir, ein Reagenzglas aufzublasen, auszublasen sowie durch Langziehen eine Kanüle zu erstellen. Das Zusammendrücken zu Schlaucholiven gelang mir nicht. Der 2. Offizier versuchte sich ebenfalls im Glasblasen und konnte auch das Glas zum Schmelzen bringen, allerdings verklumpte es bei allen vier Versuchen.



Abbildung 12 Glasblasen auf einem Segelschiff. Der 1. Offizier (links) versucht unter Anleitung ein Reagenzglas zu erhitzen, um es später zu einer Kanüle zu ziehen.

Ich beschloss daher, dass unter diesen Bedingungen und mit dem zur Verfügung stehenden Material Glasblasen als Schülerversuch nicht sinnvoll war. In folgender Abbildung 12 sieht man den Glasblasversuch auf einem Segelschiff.

7.4 Wachsstichflamme

Bei der Wachsstichflamme handelt es sich um einen Showversuch durch die Lehrperson, der neben einem imposanten Feuerball auch sehr gut das Wirkungsprinzip einer Kerze darstellt.

Hierbei legt man etliche Stücke Wachs (aus einem Teelicht) in ein Reagenzglas und erhitzt es mittels einer Klemme über einem Brenner. Das Wachs schmilzt zunächst, bei weiterem Erhitzen beginnt das Wachs zu sieden und Wachsdampf entweicht aus dem Reagenzglas. Diese Wachsdämpfe lassen sich entzünden, sodass man sehr gut sehen kann, dass Wachs ausschließlich in der Gasphase brennt. Stellt

man nun das heiße Reagenzglas in ein Becherglas mit kaltem Wasser, so zerspringt das Reagenzglas auf Grund des Temperaturunterschiedes. Das Wasser im Kontakt mit dem heißen Wachs verdampft schlagartig und reißt kleine Wachströpfchen mit. Dadurch kommt es zu einem großen Feuerball.

Dieser Versuch war an Deck nicht möglich, da bei reichlich Holz, Lack, Segeltuch, Leinen und Teer bei einem Feuerball Brandgefahr bestand. Ich hatte allerdings die Erlaubnis des Kapitäns, diesen Versuch auf dem Steg vor dem Schiff durchzuführen.

Kurz bevor ich den Versuch durchführen wollte und alles bereits aufgebaut war, unterbrach mich der 1. Offizier. Wir befanden uns in Vigo, Nordspanien also einem Gebiet, wo früher die baskische ETA Terrororganisation aktiv war. Hätte ich die Explosion samt Feuerball, selbst wenn sie kontrolliert war, im Hafengebiet durchgeführt, hätte ich verhaftet werden können.

Der Versuch wurde daher abgebrochen und auch in Zukunft nicht wieder aufgegriffen.

7.5 Ölbrand

Dieser Versuch hätte gemeinsam mit der Wachsstichflamme durchgeführt werden sollen und hätte ebenso im Hafen durchgeführt werden sollen. Hierbei gibt man etwa 20mL in eine Metallschale und stellt sie auf ein Dreibein. Mit einem Brenner wird das Öl nun so lange erhitzt, bis es anfangt zu brennen. Aus großer Entfernung und unter Einhaltung der Sicherheitsmaßnahmen werden aus einer Spritzflasche oder ähnlichem einige Tropfen Wasser in das brennende Öl gespritzt. Es entstehen Feuerbälle, da die Tropfen sofort verdunsten und kleine Öltröpfchen mitreißen. Bei diesem Versuch soll verdeutlicht werden, dass man nicht jedes Feuer mit Wasser löschen kann oder darf.

Für diesen Versuch wurde im Vorhinein ein eigenes Dreibein aus alten Konservendosen und Draht gebastelt (siehe Abbildung 10) und die monatliche, obligatorische Brandschutzübung auf dem Schiff vorangestellt. Gemeinsam mit dem Versuch zur Wachsstichflamme wurde auch dieser Versuch auf der restlichen Reise nicht mehr aufgegriffen.

8. Protokolle

*„Remember kids, the only difference between science and screwing around,
is writing it down“⁴²*

Adam Savage

⁴² Savage A., Mythbusters, Bouncing Bullet, Beyond Entertainment, 2012.

Man hätte die Bedeutung des Protokollierens kaum so treffend beschreiben können, wie Adam Savage, amerikanischer Naturwissenschaftler und Gallionsfigur der Mythbusters, in obigem Zitat. Auch wenn das Aufschreiben der Beobachtung bei SchülerInnen oft unbeliebt war, wurde sie stets von den SchülerInnen eingefordert. Die einzige Ausnahme stellte aus oben beschriebenen Gründen das Experiment „Luminol“ dar. Die Protokolle bei Ocean College waren konstant und beinhalteten folgende Punkte:

- Titel (des Experiments)
- Aufgabenstellung
- Materialien
- Skizze
- Durchführung (des Experiments)
- Beobachtung
- Auswertung

Die SchülerInnen konnten sich an die oben empfohlene Reihenfolge halten, die Priorität lag hingegen auf Vollständigkeit. In den folgenden Abbildungen 13 und 14 sind zwei exemplarische Protokolle der Stunde „Stofftrennung“ abgebildet. Im Anhang 3 befinden sich einige weitere Versuchsprotokolle aus der „Stofftrennung“ Stunde. Allein an den Skizzen sieht man auf den ersten Blick die vielen, verschiedenen Lösungsansätze und Versuchsaufbauten, zur besseren Lesbarkeit befinden sich diese beiden Abbildungen vergrößert im Anhang 3.

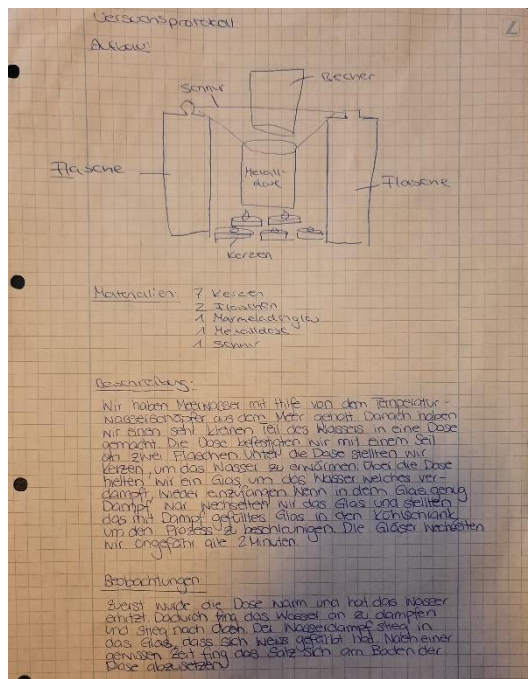


Abbildung 14 Beispielprotokoll aus der Chemiestunde "Stofftrennung". Die einzelnen Komponenten des Protokolls und klare Strukturierung sind gut erkennbar.

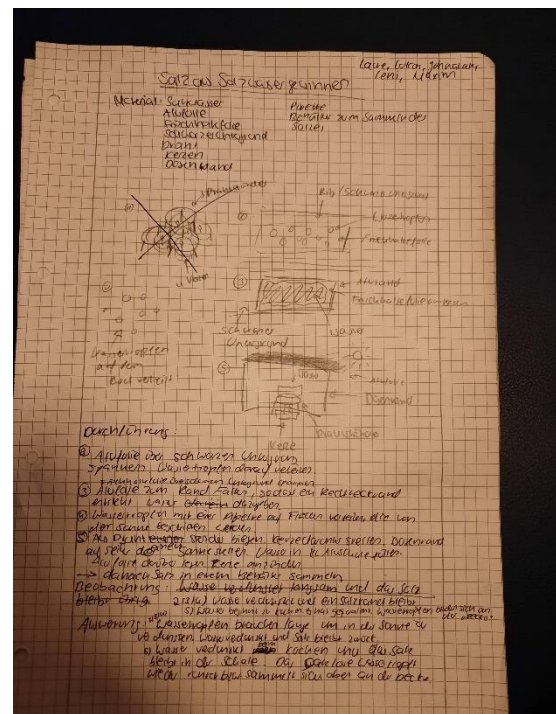


Abbildung 13 Beispielprotokoll aus der Chemiestunde "Stofftrennung". Die einzelnen Komponenten des Protokolls und klare Strukturierung sind gut erkennbar.

9. Analyse der Fragebögen und Umfragen

9.1 Entstehung und Hintergrundinformation zu den Fragebögen

Auf den Azoren wurde der Unterricht beendet und die SchülerInnen übernahmen stattdessen mehr Verantwortung in der Führung des Schiffes. Nach der letzten Unterrichtsstunde wurde eine informelle Befragung mittels Fragebogen durchgeführt. Ziel der Befragung war es, meine Leistung als Lehrer zu bewerten. Da dieser Fragebogen ursprünglich nicht für einen Einsatz in dieser Masterarbeit vorgesehen war, sind die Formulierungen wenig wissenschaftlich und recht persönlich, was auch meinen Umgang mit den SchülerInnen widerspiegelt. Diese Fragebögen waren anonym, die SchülerInnen hatten alle so viel Zeit, wie sie benötigten, in der Regel zwischen 15 und 40 Minuten.

Es war vorgesehen, dass es einen offiziellen, ausführlichen Fragebogen für alle geben sollte, der neben dem Unterricht an Bord der Pelican auch das Soziale, die persönliche Entwicklung, die Ängste, Lieblingsmomente und auch Kritik beinhalten sollte. Allerdings wurden diese Fragebögen wie ein Interview gestaltet, die interviewenden Lehrer hielten die Antworten schriftlich fest. Die SchülerInnen wussten, dass der Fragebogen nicht anonym war und ebenfalls an Eltern und die Geschäftsführung weitergeleitet würde. Auch die gegebenen Antworten oder die aufgeschriebenen Antworten waren von der interviewenden Person abhängig. Aus meiner Sicht fehlten diesen Fragebögen einige essenzielle Gütekriterien wie Validität, Reproduzierbarkeit und Anonymität, sodass ich ihre Aussagekraft anzweifelte.⁴³

Trotz der informellen Ausdrucksweise und Formulierung der Fragen, ist die Aussagekraft meiner Fragebögen, bezogen auf den Unterricht, sehr hoch. Die SchülerInnen sollten die einzelnen Fragen beziehungsweise Aspekte meines Unterrichts mit Schulnoten (1 – 5) oder mit meinen Wiederholungsnoten (+ Plus, √ Hackerl, ~ Welle, - Minus) bewerten. Beide Systeme lassen sich als Likert Skala darstellen. Bei der Wertigkeit der Symbole wurde dieselbe Umrechnung wie bei der Notengebung durchgeführt (siehe folgende Tabelle 6).

Tabelle 6 Wertigkeit von Noten und den Symbolen der Wiederholungsbenotungen.

Symbol	Wertigkeit	Wertigkeit
+	1	Sehr Gut
√	2	Gut
~	3	Befriedigend
	4	Genügend
-	5	Nicht Genügend

⁴³ Moosgruber H., Kelava, Qualitätsanforderungen an Tests und Fragebogen. In: ⁴³ Moosgruber H. [Hg.], Kelava A.[Hg.], Testtheorie und Fragebogenkonstruktion Springer Verlag, Deutschland 2000, 13 – 38.

9.2 Statistische Auswertung der Fragebögen

In folgendem Fragebogen konnten die SchülerInnen meine Leistung in den Fächern Biologie, Chemie und Physik beurteilen. Für die Auswertung in dieser Arbeit wurden ausschließlich die Bewertungen in Chemie verwendet. Eine leere Vorlage des verwendeten Fragebogens befindet sich im Anhang 2. Zwecks Veranschaulichung wurde bei jeder Frage ein Mittelwert und eine Standardabweichung bestimmt. Unabhängig von den einzelnen Noten, konnten die SchülerInnen mir eine Gesamtnote geben. Von der Gesamtnote wurden ebenfalls ein Durchschnitt und eine Standardabweichung bestimmt, die Gesamtnote steht in keinem direkten Zusammenhang zu den einzelnen Noten oder Mittelwerten. In folgender Tabelle 7 befindet sich die Auswertung der Umfragen:

TeilnehmerInnenanzahl n = 29

Alter: 14-18

Geschlechterverteilung: 13m, 16w

Schulischer Hintergrund: Die SchülerInnen stammten aus Österreich, Deutschland und der Schweiz aus verschiedensten Schulformen, Klassen oder Schwerpunktschulen.

Gesamtnote MTW = 1,3 STABW = 0,46

Tabelle 7 Auswertung der Feedback-Fragebögen. Aus den Benotungen zu jeder Frage wurden Mittelwerte und Standardabweichungen gebildet.

Beschreibung:	MTW	STABW
1. Der Inhalt der Stunde ist spannend/ interessant	1,62	0,925
2. Die Umsetzung der Stunde ist spannend/ interessant	1,37	0,611
3. Der Inhalt der Stunde ist für mich/meine Heimschule/ meine Zukunft wichtig.	2,55	1,328
4. Das System mit schriftlichen WH und Jokern finde ich:	1,24	0,502
5. Ich fühle mich zu wenig/ genau richtig/ zu viel gefordert	1,79	1,125
6. Ich fühle mich von Michi fair behandelt Bei nein, bevorzugt oder benachteiligt?	1,10	0,304
7. Ich fühle mich von Michi respektvoll behandelt?	1	0
8. Das Verhältnis Experimente zu Theorie finde ich: bei schlechter Note wünsche ich mir mehr:	1,35	0,601

9. Michis Notengebung ist transparent	1,37	0,611
10. Michis Notengebung ist fair	1,20	0,405
11. In der Schulstunde herrscht ein angenehmes Klima	1,21	0,489
12. Der Unterricht fördert verschiedene meiner Stärken	2,17	1,196
13. Die Unterrichtsstruktur ist logisch aufgebaut	1,41	0,720
14. Auf meine Wünsche/ Beschwerden wird eingegangen bzw. meine Wünsche werden umgesetzt	1,42	0,566
15. Der gebrachte Schulstoff passt zu Ocean College	1,27	0,446
16. Die Ausstattung mit Unterrichtsmaterialien	1,41	0,670
17. Die Zusatzexperimente außerhalb des Unterrichts – cool oder unnötig	1,14	0,440
18. Michi ist im Fach fachlich kompetent	1	0
19. Die Anweisungen zu Aufgaben sind klar formuliert	1,46	0,929
20. Forschungsprojekte mit der Sonde/Messgeräten – cool oder unnötig	1,52	1,015
21. Ich habe mich beim Science/Economics Pathway von Michi ... betreut gefühlt.	1,66	1,208

Anmerkung: Die Fragen 17, 20 und 21 beziehen sich nicht direkt auf den verpflichtenden Chemieunterricht, sondern auf von mir angebotene, freiwillige Zusatzangebote. Im Sinne der Vollständigkeit wurden diese Fragen nicht entfernt, sie verändern mit ihren Mittelwerten und Standardabweichungen das Gesamtbild nicht signifikant.

9.3 Interpretation der statistischen Auswertung der Fragebögen

Es ist klar erkennbar, dass die Benotung sich fast ausschließlich im Bereich gut bis sehr gut befindet. Die einzige Ausnahme stellt die Frage 3 dar, die besagt, dass der chemische Unterricht für die Zukunft der SchülerInnen voraussichtlich nicht relevant sein wird. Mit einem Mittelwert von 2,55 befindet sich die Bewertung somit zwischen gut und befriedigend. An dieser Stelle wäre es spannend gewesen, die eingeschätzte Relevanz von Chemieunterricht auf das weitere Leben der SchülerInnen ebenfalls zu Beginn der Reise abzufragen und die Ergebnisse statistisch zu vergleichen.

Mit 2,17 fördert mein Unterricht gut die verschiedenen Stärken der SchülerInnen. Dies ist zwar eine der „schlechtesten Bewertungen“, allerdings ist das unter den herrschenden Schiffsbedingungen und Einschränkungen ein doch sehr stattliches Ergebnis.

Die unabhängige Gesamtnote mit einem Schnitt von 1,3 bestätigt das Gesamtbild und befindet sich ebenfalls in einem sehr guten Bereich. Selbst unter idealen Klassenbedingungen in einem gut ausgestatteten Chemielabor in Westeuropa wäre solch ein Gesamtergebnis sehr zufriedenstellend.

Inhaltlich kann man aus dieser Umfrage herauslesen, dass die Beziehung zwischen der Lehrperson und den SchülerInnen eine sehr gute zu sein schien. Dabei ist nicht explizit die Beliebtheit der Person gemeint, sondern vielmehr ein gegenseitiger Respekt, gegenseitiger Umgang, gegenseitiges Vertrauen sowie gegenseitiges Entgegenkommen.

Die in Tabelle 7 gezeigten Ergebnisse der Umfrage können als Bestätigung der Hypothese „Didaktisch moderner, schülerzentrierter, experimenteller und hochqualitativer Chemieunterricht ist auch unter Extrembedingungen an extremen Orten möglich.“ gewertet werden. Gleichzeitig wird dadurch ebenfalls die positive Antwort auf die zentrale Fragestellung dieser Masterarbeit geliefert, ob ein didaktisch moderner, schülerzentrierter, experimenteller und hochqualitativer Chemieunterricht auf einem fahrenden Segelschiff mit einer sehr heterogenen SchülerInnengruppe umgesetzt werden kann.

9.4 Auswertung Qualitatives Feedback

Abgesehen von den statistisch ausgewerteten Fragen hatten die SchülerInnen zum Zeitpunkt der Fragebogenbearbeitung auch die Möglichkeit, Feedback in anonymer Form zu geben. Viele SchülerInnen haben diese Möglichkeit genutzt. Die SchülerInnen hatten ebenfalls die Möglichkeit, knapp vor Ende der Reise Feedback in Form eines Briefes (nicht anonym) zu überreichen. Auch diese Möglichkeit haben mehrere SchülerInnen genutzt, wobei sich der Inhalt nicht ausschließlich auf den Unterricht bezog und man so Ungesagtes noch einmal zu Wort bringen konnte.

Im Anhang 5 sind diese Feedbacks ebenfalls gesammelt. Um dem Vorwurf der Selektivität vorzubeugen, werden alle Beiträge, die einen Zusammenhang mit der Unterrichtsführung aufweisen, im Anhang angeführt. Aus dem Inhalt wird deutlich, dass die Lehrperson auf solch einer Reise weitaus mehrere Rollen neben dem Unterrichten übernimmt. Sie wird zu einem steten Begleiter, einem Kollegen, einem Mitmatrosen, einer Vertrauensperson. Gleichzeitig kann dies auch als eine Bestätigung der Hypothese gewertet werden: Ja, trotz extremer Bedingungen und extremen Orten ist ein Versuchs- und Schülerzentrierter Unterricht möglich.

10. Science Pathway Forschungsprojekt

Alle SchülerInnen mussten sich für einen Schwerpunkt entscheiden, den sogenannten „Pathway“, zur Auswahl standen „Economics“, „Media“ oder „Science“. Die SchülerInnen betrieben zu einem gewählten Thema aus einer der drei Kategorien selbstständig Recherche und mussten sowohl ein wissenschaftliches Essay verfassen, als auch eine 20-30 minütige Präsentation halten. Im Science

Pathway musste zusätzlich ein Experiment, eine Beobachtung, Generierung oder Auswertung von Messdaten inkludiert werden, wobei die SchülerInnen von der Lehrperson betreut wurden. Zusätzlich nahmen alle SchülerInnen des Science Pathways an einem Forschungsprojekt teil, der sich in drei Teilbereiche gliederte:

- Messungen mittels CTD Sonden
- Messungen mittels Spektrometer
- Untersuchungen von Kunststoffen an Hand ihrer Dichte

Die Durchführung dieser Untersuchungen war deutlich komplexer und konnte nicht nach dem Prinzip des Forschenden Lernens durchgeführt werden. Dennoch war die Durchführung schülerzentriert, wenn auch mit intensiver Betreuung, Einschulung und gemeinsamer Auswertung durch die Lehrperson. Der Science Pathway, vor allem die Entwicklung des Verfahrens zur Messung mittels CTD Sonde war ein gewaltiges Projekt, in dem die SchülerInnen tatsächlich neue Forschung betrieben und die Daten Universitäten und renommierten Forschungseinrichtungen zur Verfügung stellten. Da auch diese Messungen mit den bereits bekannten Extrembedingungen als auch weiteren Hindernissen konfrontiert waren, dürfen sie in dieser Arbeit nicht fehlen.

10.1 Messungen mittels CTD Sonden

An Bord befanden sich 2 CTD Tiefseesonden (DAOWAN DW16 Series CTD), die auf Tiefen bis zu 500m Druck, Temperatur und Leitfähigkeit messen konnten. Daraus konnte man sich weiters den Salzgehalt, Dichte und die Schallgeschwindigkeit berechnen.

Die Sonden führten bei unseren Einstellungen, auch während dem Eintauchen und Versenken, eine Messung pro Sekunde durch. Dadurch ergaben sich für eine Position zahlreiche Messungen bei unterschiedlichen Tiefen und man konnte ein Tiefenprofil der Wassersäule erstellen.

Die ermittelten Daten wurden gesammelt, protokolliert und bereits an Bord didaktisch ausgewertet. Zusätzlich wurden sie in das ESRI System eingespeist, das eine interaktive Weltkarte darstellt. Vor der Reise musste daher ein eigenes Eingabesystem programmiert werden. Über das Internet abrufbar kann man entlang der Route die Messpunkte anklicken, um alle Messdaten von dieser Position aufzurufen.⁴⁴ Diese Daten werden von Ocean College laufend aktualisiert, auch über mehrere Törns hinweg, sodass das mittlerweile abrufbare Ergebnis mit meinen Ergebnissen nicht unbedingt übereinstimmt.

⁴⁴ Ogrodnik Michael, Ergebnisse der Messungen, 2022. <https://oceancollege.eu/de/reise-in-zahlen/> abgerufen am 22.4.2022.

10.2 Umsetzung der CTD Sonden Messungen

Bei den CTD Sonden handelte es sich um topmoderne Messgeräte, die allerdings für den Einsatz von einem stationären Forschungsschiff bei geringer Strömung und kleinem Wellengang konzipiert waren. Es wurde erst an Bord des Schiffes klar, dass die Sonden von einem unflexiblen Segelschiff scheinbar nicht einsetzbar waren. Daher wurde mit viel Aufwand, unzähligen Fehlversuchen sowie Fehlkonstruktionen ein eigenes Verfahren entwickelt, um brauchbare Messungen während der Reise durchführen zu können. Schlussendlich konnte ein sehr effizientes Verfahren entwickelt werden, mit dem routinemäßige Messungen (bis zu 2x täglich) von einem fahrenden Schiff (bis zu 5-6 Knoten Fahrtgeschwindigkeit) durchgeführt werden konnten. Bis zum Ende der Reise gab es immer wieder kleine Anpassungen, eine selbst entwickelte Gebrauchsanleitung befindet sich im Anhang unter Anhang 4. Diese Anleitung wurde ebenfalls dem Sponsor der CTD Sonden zur Verfügung gestellt und wurde von der Firma als Basis für die technische Weiterentwicklung der Sonde beziehungsweise des Einsatzverfahrens genutzt.

Zusätzlich wurde ein auf Youtube veröffentlichtes Video erstellt, in dem die SchülerInnen die CTD Sonde präsentieren und deren Einsatz demonstrieren. Anschließend wird in dem Video die Auswertung der Messdaten als auch eine mögliche Interpretation der Daten vorgeführt.⁴⁵

10.3 Messungen mittels Spektrometer

(TRILUX FLUOROMETER 2125-072-HB)

In den Häfen wurde der Chlorophyllgehalt im Wasser spektrometrisch mittels einem TRILUX FLUOROMETER 2125-072-HB bestimmt. Dadurch ließ sich eine Algen- beziehungsweise Planktonkonzentration ableiten. Es wurde pro Meter Tauchtiefe ein Wert bestimmt. Die Messergebnisse wurden ebenfalls über ESRI veröffentlicht und sind öffentlich einsehbar.⁴⁶

10.4 Kunststoffuntersuchungen

Unter Schiffsbedingungen war der Bau und Inbetriebnahme einer Apparatur zur Herstellung eines Dichtegradienten mit der Anweisung von Herrn Gohla nicht möglich. Dabei wurden beide Versionen versucht, vor allem das Geschaukel und die Schwierigkeit, Ersatzteile oder benötigtes, aber

⁴⁵ Ocean College, CTD-Sonden erklärt, Wassermessung mit Ocean College.

https://www.youtube.com/watch?v=k_qqkys1HY4&ab_channel=OceanCollege abgerufen am 19.6.2023.

⁴⁶ Ogrodnik Michael, Ergebnisse der Messungen, 2022. <https://oceancollege.eu/de/reise-in-zahlen/> abgerufen am 23.4.2022.

vergessenes Material zu besorgen waren das Problem. Die Kanülen, Schläuche, Spritzen, T-Stücke waren teilweise nicht kompatibel.⁴⁷

Ein weiteres Problem stellte der Einsatz von Waagen dar: es war nicht möglich, selbst im Hafen oder vor Anker, mittels Waagen genau zu arbeiten. Eine weitere Unklarheit war der scheinbare Gewichtsverlust im Diagramm in der Anleitung von Gohla. Vermutlich handelte es sich hierbei um Kristallwasser.

Umsetzung:

Vorbereitung der Standards und Flotationslösungen:

Laut Theorie hat eine gesättigte K_2CO_3 Lösung eine Dichte von $1,56 \text{ g/cm}^3$. Es wurde daher eine gesättigte Lösung nach Augenmaß hergestellt, das Volumen war sehr gut bestimmbar. Hierfür standen Messuren zur Verfügung, es wurden aber hauptsächlich Spritzen verwendet. Es wurde zunächst 400 mL einer Stammlösung hergestellt, sowie ca. 1 L einer Lösung für die Auftrennung der Sedimentprobe durch Flotation, beide gesättigt.

Laut der Formel $c_1V_1 = c_2V_2$, angepasst an Dichte $\rho_1V_1 = \rho_2V_2$ wurde die nötige Verdünnung errechnet, um jeweils 20mL von 6 Standardlösungen herzustellen. Die Standardlösungen hatten Dichten von 1,00, $1,10 \text{ g/cm}^3$, $1,20 \text{ g/cm}^3$, $1,30 \text{ g/cm}^3$, $1,40 \text{ g/cm}^3$ sowie $1,56 \text{ g/cm}^3$. Für die Standardlösung wurde Destilliertes Wasser genommen, wobei in unserem Kanister auf dem Schiff Frösche geschlüpft sind und Algen in sehr geringen Mengen aufgetaucht waren. Daher sind die Dichten vermutlich nicht exakt und auch die anderen Werte könnten etwas abweichen. Die Standardlösungen wurden für die Durchführung in Reagenzgläser mit Verschluss bzw. Falcontubes gefüllt.⁴⁸

Durchführung:

Eine Bodenprobe mit einem Volumen von 150mL wurde untersucht, es handelte sich hierbei um Sediment vom Meeresgrund vor Horta, Azoren. Die Probe wurde aus einer Tiefe von 8m entnommen. Dazu wurde ein spezieller Bodengreifer eingesetzt.

Die Probe wurde mit 1l gesättigter K_2CO_3 Lösung mehrmals in einem großen Topf durchgerührt. Die Trennung funktionierte gut, wobei die Wellen ständig Sand aufwirbelten. Man hätte den Überstand

⁴⁷ Gohla J., Erprobung der Dichtegradientenzentrifugation als Methode zur Identifikation von Mikroplastik aus marinem Sediment als Alternative zur F-TIR und ATR-Spektroskopie, Forschungsprojekt am Lise-Meitner-Gymnasium, nicht veröffentlicht, Stand 1.10.2021.

⁴⁸ Gohla J., et al. Potassium carbonate (K_2CO_3). A cheap, non toxic and high density floating solution for microplastic isolation from beach sediments. In: Marine Pollution Bulletin 170, 2021.

filtrieren können, für den ersten Durchgang wurden allerdings nur die großen Partikel (mit einer Pinzette greifbar) untersucht. Die Partikel wurden dabei zunächst in das Reagenzglas mit der höchsten Dichte gelegt. Sollte die Probe auf der Lösung treiben, wurde sie mit der Pinzette in die nächstdichteste Lösung gelegt, bis sie auf den Grund sank. Auf diese Weise konnte man die Dichte der Probe Intervallen zuteilen. Diese Intervalle wurden anschließend mit einer Dichtetabelle verglichen. Es gelang somit eine praktische Auftrennung und eine qualitative Bestimmung einer Gruppe von Kunststoffen zu den einzelnen Partikeln.

Theoretisch könnte man an Land noch mehr Dichtelösungen mit kleineren Zwischenschritten herstellen. Die Durchführung mit den Reagenzgläsern ist sehr einfach, wobei wir uns nicht die Mühe gemacht haben, die Partikel wieder aus den Lösungen herauszuholen.

Das Ergebnis der Untersuchungen ist in folgender Abbildung 15 dargestellt:

Aufgaben, um Ziele zu erreichen				Dichte	Vermutete Kunststoffart	Kommentar
Namen, Aussehen	Dichte	Notiz	Ergebn			
Roter Faden	X			1.0 - 1.1	Polyamid	Angelkorn
Bongee „Folie/Trick“			X	1.0 - 1.1		Tape, Klebeband
Schwarz, rundlich	X			1.0 - 1.1		
grünes, weißes, mahliges Stück		X		< 1.0	Polyethylen	alles möglich, Plastikbox?
Schwarz, klein	X			1.1 - 1.2		
Flach, dünn, transparent		X		1.0 - 1.1	Polyamid	
dunkel, leicht, hart, Paralle...		X		1.3 - 1.56	PVC	
klein, weiß, hart, 20		X		1.0 - 1.1		
Schwarz, feiglich, 20 cm		X		1.0 - 1.1		
Plastikfolie, schwarz, 20			X	1.0 - 1.1		Mülltüte
Plastikfolie, weiß, 20			X	1.0 - 1.1		Mülltüte
grünlich-Blau			X	1.0 - 1.1		

Abbildung 15 Auswertung der Dichtebestimmung von Kunststoffen aus dem Sediment vor der Küste Horta. Die Dichte der unbekannten Proben kann Intervallen zugeordnet werden. Dank Dichtetabellen kann diesen Dichteintervallen ein vermuteter Kunststoff zugeordnet werden.

In folgender Tabelle 8 befindet sich eine Auswahl von wahrscheinlich relevanten Kunststoffen mit ihren jeweiligen Dichten. Diese Tabelle diene als primäres Werkzeug zur Zuordnung der einzelnen Kunststoffvermutungen zu den jeweiligen Dichteintervallen.⁴⁹

Tabelle 8 Dichtetabelle der häufigsten Kunststoffe in Gewässern

Plastikart	Kürzel	Dichte in g/cm ³
Weich-Polyethylen	LDPE	0,915-0,935
Polypropylen	PP	0,9 1,0
Hart-Polyethylen	HDPE	0,935-0,96
Polyethylen	PE	0,92 0,96
Naturkautschuk	NR	0,92-1,0
Polystyrol	PS	1,05
Polyphenylenoxid	PPO	1,10
Polyamid (6/66)	PA	1,0-1,2
Polymethylmethacrylat	PMMA	1,16-1,2
Polycarbonat	PC	1,0-1,2
Polysulfon	PSU	1,21
Polyurethan	PU / PUR	1,25
Polyethenimid	PEI	1,27
Polybutylenterephthalat	PBT	1,30-1,32
Polyetheretherketon	PEEK	1,32
Polyvinylchlorid	PVC	1,2-1,4
Polyethersulfon	PES	1,37
Polyoxymethylen / Polyacetal	POM-C	1,39
Polyethylenterephthalat	PET	1,33
Polyvinylchlorid	PVC-U	1,38
Polymethylen	POM	1,34-1,43
Polyoxymethylen / Polyacetal	POM H	1,42
Polyvinylchlorid nachchloriert	PVC-C	1,47-1,55
Polyvinylidenfluorid	PVDF	1,78
Polytetrafluorethylen	PTFE	>1,8
Perfluoralkoxy Copolymer	PF-A	2,15

⁴⁹ Gohla J., Erprobung der Dichtegradientenzentrifugation als Methode zur Identifikation von Mikroplastik aus marinem Sediment als Alternative zur F-TIR und ATR-Spektroskopie, Forschungsprojekt am Lise-Meitner-Gymnasium, nicht veröffentlicht, Stand 1.10.2021.

11. Fazit

Fragestellung: Wie kann didaktisch moderner, schülerzentrierter, experimenteller und hochqualitativer Chemieunterricht auf einem fahrenden Segelschiff mit einer heterogenen SchülerInnengruppe umgesetzt werden? Welche Anforderungen erweisen sich als essenziell für einen erfolgreichen Unterricht unter solchen Bedingungen?

Ich vertrete die Meinung, dass beim schülerbasierten, experimentellen Chemieunterricht unter solchen Extrembedingungen kreative Lösungsvorschläge an die SchülerInnen ausgelagert werden sollten. Klassische Versuchsanleitungen, die in einem entsprechend ausgestatteten naturwissenschaftlichen Labor wie Kochrezepte nachgekocht werden können, sind nicht möglich. Gegenüber den SchülerInnen hat die Lehrperson somit noch immer den Vorteil des vorhandenen Fachwissens und der Erfahrung, allerdings nicht den der Routine.

Die Lehrperson sollte sehr erfahren und fachlich gut sein, da man im Wesentlichen auf sich allein gestellt und Literatur oder Internetquellen nur sehr stark begrenzt zur Verfügung hat. Gleichzeitig ist bei der Lehrperson ein sehr hohes Engagement, hohe Flexibilität sowie Teamwork Pflicht, um die Rahmenbedingungen zu schaffen. Die Lehrperson muss kreativ sein sowie lösungsorientiert und Verantwortung auslagern können.

Die Extrembedingungen des Segelschiffes haben in Bezug auf die Unterrichtsführung einen sehr großen Vorteil, der Beziehung der Lehrperson zu den SchülerInnen. Das gegenseitige Kennen, Vertrauen, der Umgang auf Augenhöhe, Zusammenleben sowie Arbeiten abseits des Unterrichts sowie das gemeinsame Leiden unter widrigen Umständen schaffen ein einzigartiges Verhältnis.

Ein weiterer Vorteil für die Abhaltung des didaktisch modernen Chemieunterrichts war die lange Dauer der Reise. Dadurch konnten Routinen etabliert werden und sich sowohl die SchülerInnen als auch das Lehrpersonal aneinander gewöhnen.

Außerdem bin ich überzeugt, dass die Extrembedingungen im Lebensalltag Kreativität nicht nur fördern, sondern auch fordern. Kreativitätsbasierte Unterrichtskonzepte, wie beispielsweise das Forschende Lernen funktionieren daher aus meiner Sicht besser als in einem bestens eingerichteten Chemielabor mit idealen Bedingungen.

Einen nicht zu unterschätzenden Einfluss hat Humor und gute Laune, die vor allem in widrigen Bedingungen ansteckend sind und die Atmosphäre stark beeinflussen.

Abschließend soll noch auf das Dreieck der „Vier Lehrqualifikationen“⁵⁰ von Herrn Anton verwiesen werden, um das Zusammenspiel zwischen Didaktik und Mathetik anzusprechen. Für einen erfolgreichen Unterricht befinden sich nicht nur die Lehrperson, sondern auch die SchülerInnen in einer Bringschuld. Wenn bei den SchülerInnen weder Wille noch Motivation vorhanden sind, so ist kein didaktisch moderner und schülerbasierter experimenteller Chemieunterricht möglich.

Hypothese:

Die Hypothese *„Didaktisch moderner, schülerzentrierter, experimenteller und hochqualitativer Chemieunterricht ist auch unter Extrembedingungen an extremen Orten möglich.“* kann somit als bestätigt erachtet werden.

⁵⁰ Anton, M., Chemieunterricht verstehen. Zur Didaktik und Mathetik der Chemie, Beau Bassin/Mauritius: Lehrbuchverlag, 2019, 221.

12. Objektivitäts- und Eigenständigkeitserklärung

Alle Erkenntnisse beruhen auf subjektiven Erfahrungen und Einschätzungen der Lehrperson. Es gibt wenige Vergleichsstudien allgemein und kein vergleichbares Unterfangen aus Chemie beziehungsweise Chemiedidaktik. Eine Verallgemeinerung ist möglich.

Die Erkenntnisse sind vermutlich dennoch auf den Schulalltag anwendbar.

Hiermit gebe ich die Versicherung ab, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe. Alle Stellen, die wörtlich oder sinngemäß aus veröffentlichten und nicht veröffentlichten Publikationen entnommen sind, sind als solche kenntlich gemacht. Die Arbeit wurde in gleicher oder ähnlicher Form weder im In- noch im Ausland (einer Beurteilerin/einem Beurteiler zur Begutachtung) in irgendeiner Form als Prüfungsarbeit vorgelegt.

Ich habe mich bemüht, sämtliche Inhaber der Bildrechte ausfindig zu machen und ihre Zustimmung zur Verwendung der Bilder in dieser Arbeit eingeholt. Sollte dennoch eine Urheberrechtsverletzung bekannt werden, ersuche ich um Meldung bei mir.

ORT, DATUM

UNTERSCHRIFT

13. Literatur

- Andorff J., Segelschoner Jachara. Eine psychologische Studie über einen therapeutischen Segeltörn mit verhaltensauffälligen Jugendlichen, Verlag Klaus Bebauer, Lüneburg 1988.
- Anton M., Kompendium Chemiedidaktik, Verlag Klinkhardt, Bad Heilbrunn 2008.
- Anton M., Chemie Unterricht Verstehen!, LMU München, Universität Wien, Universität zu Köln, 2019.
- Anton, M., Chemieunterricht verstehen. Zur Didaktik und Mathematik der Chemie, Beau Bassin/Mauritius: Lehrbuchverlag, 2019.
- Berk L., Entwicklungspsychologie, Pearson Verlag, München 2011, S. 518. Vgl: Sand M., Die Auswirkungen des sechsmonatigen Segel-Schulprojektes Klassenzimmer unter Segeln auf die Persönlichkeitsentwicklung Jugendlicher in: Clemens Czwalina [Hg.], Sportwissenschaftliche Dissertationen und Habilitationen 61, Feldhaus Verlag, Hamburg 2015.
- Di Fuccia D., Experimentelle Aufgabenstellungen im Chemieunterricht. In Akademiebericht 434, Akademie für Lehrerfortbildung und Personalführung [Hg.], 2008 Dillingen an der Donau, 2008, 1-14. http://www.kmk-format.de/material/Nawi/Experiment/E1_Einstieg/E_1_3_1_Artikel_Schuelerexperimente.pdf abgerufen am 31.10.2022.
- Fandrey D., Erlebnispädagogische Settings und Selbstkonzept, Verlag Dr. Kovac, Hamburg 2013.
- Flandorfer H., et al. Schulversuchspraktikum SS2019, Universität Wien 2019.
- Gohla J., Erprobung der Dichtegradientenzentrifugation als Methode zur Identifikation von Mikroplastik aus marinem Sediment als Alternative zur F-TIR und ATR-Spektroskopie, Forschungsprojekt am Lise-Meitner-Gymnasium, nicht veröffentlicht, Stand 1.10.2021.
- Gohla J., et al. Potassium carbonate (K_2CO_3). A cheap, non toxic and high density floating solution for microplastic isolation from beach sediments. In: Marine Pollution Bulletin 170, 2021.
- Hahn K., Knoll M. [Hg.], Reform mit Augenmaß, Ausgewählte Schriften eines Politikers und Pädagogen, Klett-Cotta Verlag, Stuttgart 1998.
- Hammerer Eva, Das Schwimmende Klassenzimmer, Salzburger Nachrichten vom 24.4.2022.
- Haim K., Weber C., KLEx – Eine Experimentiertechnik zur Förderung kreativer Problemlösekompetenzen im naturwissenschaftlichen Unterricht. In: Feyerer E., Hirschenhauser K., Soukup-Altrichter [Hg.], Last oder Lust? Forschung und Lehrer_innenbildung, Jänner 2014.
- Haim K., Aschauer W., Fostering Scientific Creativity in the Classroom. The Concept of Flex-Based Learning. In: International Journal of Learning, Teaching and Educational Research, Vol21, 3, März 2022.
- Hattie J. et al. Adventure Education and Outward Bound: Out of class Experiences that make a lasting difference. Review of Educational Research 67, 1997.
- Heckmair B., Michl W., Erleben und Lernen. Einführung in die Erlebnispädagogik, Ernst Reinhard Verlag, München 2013, S.115. Zitiert nach: Sand M., Die Auswirkungen des sechsmonatigen Segel-Schulprojektes Klassenzimmer unter Segeln auf die Persönlichkeitsentwicklung Jugendlicher in: Clemens Czwalina [Hg.], Sportwissenschaftliche Dissertationen und Habilitationen 61, Feldhaus Verlag, Hamburg 2015.

Henstock M., Barker K., Knijink J., 2,6 Heave! Sail Training's influence on the development of self-concept and social networks and their impact on engagement with learning and education. A pilot study. In: Australian Journal of Outdoor Education 17 (1), 2013.

Hofmann F., Persönlichkeitsstärkung und soziales Lernen im Unterricht. Anregungen für Lehrer/innen und Studierende, Österreichisches Zentrum für Persönlichkeitsbildung und soziales Lernen, Wien 2008.

Kähler R., Und was bleibt für das Leben? Untersuchung über die Wirkungen einer „Bildung durch die See“ auf der Thor Heyerdahl. In J. Ziegenspeck [Hg.], Segeln auf dem Dreimast Topsegelschoner Thor Heyerdahl, Lüneburg 1995.

Kaly P., Heesacker M., Effects of a ship based adventure program on adolescent self-esteem and ego-identity development. Journal of Experimental Education 26, 2003.

Kupko S., Heimerziehung auf hoher See. In: Sozialtherapeutischer Segeltörn mit dem Jugendschiff Outlaw. Theorie und Praxis der sozialen Arbeit 34 (12), 1983.

Merk R., Klassenzimmer unter Segeln, Verlag Czwalina, Hamburg 2006.

Moosgruber H., Kelava, Qualitätsanforderungen an Tests und Fragebogen. In: Moosgruber H. [Hg.], Kelava A. [Hg.], Testtheorie und Fragebogenkonstruktion Springer Verlag, Deutschland 2000.

Oerter R., Dreher E., Jugendalter. In: Oertler R. [Hg.], Montada L. [Hg.], Entwicklungspsychologie, Beltzverlag, Basel 2008.

Pestalozzi H., Wie Getrud ihre Kinder lehrt. Ein Versuch den Müttern Anleitung zu geben, ihre Kinder selbst zu unterrichten, in Briefen, Geßner Verlag, Bern 1801.

Peterßen W., Kleines Methoden-Lexikon, Oldenbourg Verlag, 2. Aktualisierte Auflage, München, Düsseldorf, Stuttgart 2001.

Sand M., Die Auswirkungen des sechsmonatigen Segel-Schulprojektes Klassenzimmer unter Segeln auf die Persönlichkeitsentwicklung Jugendlicher in: Clemens Czwalina [Hg.], Sportwissenschaftliche Dissertationen und Habilitationen 61, Feldhaus Verlag, Hamburg 2015.

Schenk K., Neue Wege in der Kinder- und Jugendpsychiatrie. Das Sozialtherapeutische Segeln als Alternative zur geschlossenen Unterbringung. In: Segeln und Sozialpädagogik 17, 1984.

Soitzek D., Segelschiff „Thor Heyerdahl“. Eine schwimmende Jugendbildungsstätte, Verlag Edition Erlebnispädagogik, Lüneburg 1991.

Springer S., Segeln und Pädagogik. Lernen fürs Leben. In: Ziegenspeck [Hg.], Segeln auf dem Dreimast-Topsegelschoner „Thor Heyerdahl. Outward Bound für Jugendliche und junge Erwachsene. Erlebnispädagogische Grundsätze und praktische Erfahrungen, Verlag Edition Erlebnispädagogik, Lüneburg 1995.

Stern T., Förderliche Leistungsbewertung, 2. Auflage, Österreichisches Zentrum für Persönlichkeitsbildung und Soziales Lernen, Wien 2010.

Stimmer F. [Hg.], Lexikon der Sozialpädagogik und der Sozialarbeit. 4 völlig überarbeitete und erweiterte Auflage. Oldenbourg, München, Wien 2000.

14. Quellen

Ewert K., Die Macht der Gewohnheit. In: Planet Wissen, Psychologie. <https://www.planet-wissen.de/gesellschaft/psychologie/gewohnheiten/index.html> abgerufen am 6.6.2023.

Institut des Bundes für Qualitätssicherung im österreichischen Schulwesen, Kompetenzmodel, 2012/2022 <https://www.iqs.gv.at/themen/nationale-kompetenzerhebung/grundlagen-der-nationalen-kompetenzerhebung> abgerufen am 29.5.2023

Kegler Johan, Prinzip von Ocean College <https://oceancollege.eu/de/schule-auf-dem-schiff/> abgerufen am 22.5.2022.

Kegler Johan, Pädagogischer Ansatz von Ocean College. <https://oceancollege.eu/de/paedagogischer-ansatz-und-konzept/> abgerufen am 22.5.2022.

Ocean College, CTD-Sonden erklärt, Wassermessung mit Ocean College. https://www.youtube.com/watch?v=k_gqkys1HY4&ab_channel=OceanCollege abgerufen am 19.6.2023.

Ogrodnik Michael, Ergebnisse der Messungen, 2022. <https://oceancollege.eu/de/reise-in-zahlen/> abgerufen am 22.4.2022.

Oxford Languages.

https://www.google.com/search?q=empirismus+definition&sxsrf=APwXEdexRiN086ssOhzwcEBPcJxgOykkRQ%3A1685306237093&ei=fbtzZNOgBaXxc8PnqqX-A0&ved=0ahUKEwiT0-X87pj_AhUIYPEDHR7VBd8Q4dUDCA8&uact=5&oq=empirismus+definition&gs_lcp=Cgxnd3Mtd2l6LXNlcnAQAzIFCAAQgAQyBQgAEIAEMgUIABCABDIGCAAQFhAeMgYIABAWEB4yBggAEBYQHjIGCAAQFhAeMgYIABAWEB4yBggAEBYQHjIGCAAQFhAeOgoIABBHENYEELADogoIABCKBRCwAxBDog0IABDkAhDWBBCwAxgBOhIILhCKBRDUAhDIAxCwAxBDGAI6BwgAEIoFEENKBAhBGABQ0gVY2hZgshhoAXAAeACAAAY4BiAHyC5IBBDauMTKYAQCGAQHAAQHIArPaAQYIARABGAnaAQYIAhABGAg&sclient=gws-wiz-serp abgerufen am 28.5.2023.

Savage A., Mythbusters, Bouncing Bullet, 2012.

Scott Ridley, White Squall, 1996.

Schloßer Jona, My Big Journey, 2018. https://www.amazon.de/My-Big-Journey-Detlef-Soitzek/dp/B07HPCH9FS/ref=sr_1_2?crd=3811AOD7S0JWS&keywords=klassenzimmer+unter+segeln&qid=1653216240&srefix=klassenzimmer+unter+%2Caps%2C82&sr=8-2 abgerufen am 22.5.2022.

15. Abbildungsverzeichnis

Ich habe mich bemüht, sämtliche Inhaber der Bildrechte ausfindig zu machen und ihre Zustimmung zur Verwendung der Bilder in dieser Arbeit eingeholt. Sollte dennoch eine Urheberrechtsverletzung bekannt werden, ersuche ich um Meldung bei mir.

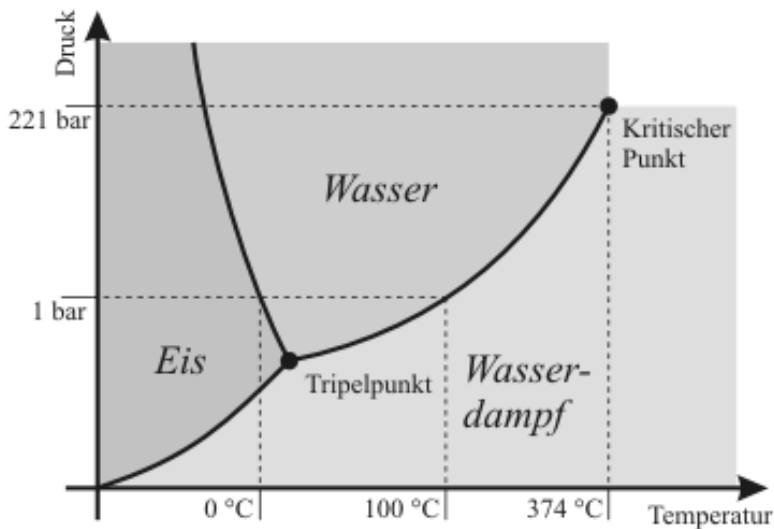
ABBILDUNG 1 REISEROUTE DES OCEAN COLLEGE TÖRNS 2021/2022. IN GRÜN IST DIE REISE VON DEUTSCHLAND NACH COSTA RICA EINGEZEICHNET. IN ROT IST DIE RÜCKREISE VON COSTA RICA NACH DEUTSCHLAND EINGEZEICHNET. DIE ANGELAUFENEN HÄFEN SIND ZUSÄTZLICH BLAU MARKIERT.	8
ABBILDUNG 2 HIERARCHISCHE STRUKTUR AUF DER PELICAN OF LONDON. DIE GESCHÄFTSFÜHRUNGEN BEFINDEN SICH NICHT UNMITTELBAR AUF DEM SCHIFF, DER KAPITÄN BEZIEHUNGSWEISE DIE PROJEKTL EITUNG IST IHNEN DENNOCH RECHENSCHAFT SCHULDIG.	10
ABBILDUNG 3 ATLANTIKTAUFE. DIE SCHÜLERINNEN WERDEN DURCH KÖNIG NEPTUN (1. OFFIZIER) IN SEINEM REICH ANERKANNT UND GEDULDET. NACHDEM SIE SICH FÜR WÜRDIG ERWEISEN, WERDEN SIE "GETAUFT"	17
ABBILDUNG 4 DEAD HORSE CEREMONY. NACH EINEM MONAT DIENST WAR ES UNTER MATROSEN ÜBLICH, EIN PFERD AUS VERFÜGBAREM MATERIAL ZU BAUEN, UM ES ZEREMONIELL IN DIE FLUTEN ZU WERFEN. TRADITIONELL WURDEN AB DIESEM ZEITPUNKT DIE MATROSEN BEZAHLT, DEN ERSTEN MONATSLOHN ERHIELTEN SIE IM VORAU S.	17
ABBILDUNG 5 SCHÜLERINNEN BEIM EXPERIMENTELLEN ARBEITEN ZUM THEMA STOFFTRENNUNG. DIE SCHÜLERINNEN VERSUCHEN MIT EINEM LEEREN UND GEKÜHLTEN MARMELADENGLAS WASSERDAMPF AUFZUFANGEN. IM HINTERGRUND REFLEKTIERT EINE SCHÜLERIN MIT EINEM HANDSPIEGEL SONNENLICHT AUF EINE PROBE MEERWASSER, DAMIT ES SCHNELLER VERDAMPFT.	39
ABBILDUNG 6 SCHÜLERINNEN BEIM EXPERIMENTELLEN ARBEITEN ZUM THEMA STOFFTRENNUNG. DIE SCHÜLERINNEN VERSUCHEN DURCH DEN AUFBAU EIGENER APPARATUREN MEERWASSER IN GENIEßBARES WASSER UND SALZ ZU TRENNEN.	39
ABBILDUNG 7SCHÜLERINNEN BEIM EXPERIMENTELLEN ARBEITEN ZUM THEMA STOFFTRENNUNG. DIE SCHÜLERINNEN DER NACHMITTAGSGRUPPE VERWENDEN VERSTÄRKT ALUFOLIE.	39
ABBILDUNG 8 HIER IST DAS GEWONNENE SALZ DER EINZELNEN GRUPPEN DARGESTELLT. DIE MENGE WURDE NACH AUGENMAß BESTIMMT. MAN ERKENNT EINDEUTIG UNTERSCHIEDLICHE GRADE AN REINHEIT DURCH VERFÄRBUNG UND FEUCHTIGKEIT.	39
ABBILDUNG 9 DIE SCHÜLERINNEN PRÄSENTIEREN IHRE SALZAUSBEUTE. IN DEUTLICH KÜRZERER ZEIT KONNTEN SIE MEHR SALZ ALS AM VORTAG GEWINNEN. DIESES SALZ SOLLTE SPÄTER VON DEN SCHÜLERINNEN AUF EINEM BUTTERBROT VERSPEIST WERDEN.	41
ABBILDUNG 10 DAS SELBSTGEBaute DREIBEIN IM EINSATZ. DIE GROßE METALLDOSE SCHÜTZTE DIE BRENNERFLAMME VOR WIND UND BOT STABILITÄT. DER OBERE TEIL DES DREIBEINS GEWÄHRTE LUFTZUFUHR UND WAR AN DIE SCHRÄGLAGE DANK SEINER DRAHTKONSTRUKTION GUT ANPASSBAR. DIE DRAHTKONSTRUKTION IST MIT DER DOSE FEST UND STABIL VERBUNDEN.	41
ABBILDUNG 11 DER SCHÜLER PRÄSENTIERT SEINEN, IN DER FREIZEIT ERSTELLTEN, OFEN AUS EINER COLADOSE. IN EINEM VIDEO ERKLÄRT ER ZUSÄTZLICH AUCH DIE EINZELNEN VORRICHTUNGEN SEINER KONSTRUKTION	41
ABBILDUNG 12 GLASBLASEN AUF EINEM SEGELSCHIFF. DER 1. OFFIZIER (LINKS) VERSUCHT UNTER ANLEITUNG EIN REAGENZGLAS ZU ERHITZEN, UM ES SPÄTER ZU EINER KANÜLE ZU ZIEHEN.	52
ABBILDUNG 13 BEISPIELPROTOKOLL AUS DER CHEMIESTUNDE "STOFFTRENNUNG". DIE EINZELNEN KOMPONENTEN DES PROTOKOLLS UND KLARE STRUKTURIERUNG SIND GUT ERKENNBAR	54
ABBILDUNG 14 BEISPIELPROTOKOLL AUS DER CHEMIESTUNDE "STOFFTRENNUNG". DIE EINZELNEN KOMPONENTEN DES PROTOKOLLS UND KLARE STRUKTURIERUNG SIND GUT ERKENNBAR.	54
ABBILDUNG 15 AUSWERTUNG DER DICHTEBESTIMMUNG VON KUNSTSTOFFEN AUS DEM SEDIMENT VOR DER KÜSTE HORTAS. DIE DICHT E DER UNBEKANNTEN PROBEN KANN INTERVALLEN ZUGEORDNET WERDEN. DANK DICH TETABELLEN KANN DIESEN DICHT EINTERVALLEN EIN VERMUTETER KUNSTSTOFF ZUGEORDNET WERDEN.	62
	70

16. Anhang

Anhang 1: Zusätzliche Chemieeinheit Physikalische Chemie

Physchem 4 Jungleboys

- Wasser kochen/verdamfen
- Wäsche trocknen /Wind
- Destillation + Diagramme
- Sättigung in der Gasphase
- Verdampfungsenthalpie $\Delta_{\text{vap}}H_m = 41.0 \text{ kJ mol}^{-1}$



Rechenbeispiel:

Angenommen in einem Handtuch können 1l Wasser eingesogen werden. Angenommen das gesamte Wasser ist verdunstet. Berechne, um wie viel Grad die Jungleboys ihr Handtuch abgekühlt haben.

$c = 4.182 \text{ kJ/(kg K)}$ (Wärmekapazität)

Anhang 2: Feedbackbogen: Benotung von Michi

Bitte benotet Michis Unterricht in Schulnoten (1-5) oder Michis Wiederholungszeichen (+, √, -,)

Schulnote Bio	
Schulnote Physik	
Schulnote Chemie	

Beschreibung:	Bio	Chemie	Physik
Der Inhalt der Stunde ist spannend/ interessant			
Die Umsetzung der Stunde ist spannend/ interessant			
Der Inhalt der Stunde ist für mich/meine Heimschule/ meine Zukunft wichtig.			
Das System mit schriftlichen WH und Jokern finde ich:			
Ich fühle mich zu wenig/ genau richtig/ zu viel gefordert			
Ich fühle mich von Michi fair behandelt Bei nein, bevorzugt oder benachteiligt?			
Ich fühle mich von Michi respektvoll behandelt?			
Das Verhältnis Experimente zu Theorie finde ich: bei schlechter Note wünsche ich mir mehr:			
Michis Notengebung ist transparent			
Michis Notengebung ist fair			
In der Schulstunde herrscht ein angenehmes Klima			
Der Unterricht fördert verschiedene meiner Stärken			
Die Unterrichtsstruktur ist logisch aufgebaut			
Auf meine Wünsche/ Beschwerden wird eingegangen bzw. meine Wünsche werden umgesetzt			
Der gebrachte Schulstoff passt zu Ocean College			
Die Ausstattung mit Unterrichtsmaterialien			
Die Zusatzexperimente außerhalb des Unterrichts – cool oder unnötig			
Michi ist im Fach fachlich kompetent			
Die Anweisungen zu Aufgaben sind klar formuliert			
Forschungsprojekte mit der Sonde/Messgeräten – cool oder unnötig			
Ich habe mich beim Science/Economics Pathway von Michi ... betreut gefühlt.			

Meine Lieblingsstunde (Thema, Fach):

Das sollte Michi mehr /weniger tun?

Allgemeine Kommentare / Tipps für Michi:

Lent, Maxim

Salz aus Salzwasser gewinnen

Material: Salzwasser, Alufolie, Frischhaltefolie, schwarzer Untergrund, Draht, Kerzen, Dosenrand

Prüfte: Behälter zum Sammeln des Salzes

Durchführung:

- Alufolie über schwarzen Untergrund spannen. Wassertropfen darauf verteilen.
- Alufolie zum Rand falten, sodass ein Rechteckrand entsteht. Draht darauflegen.
- Wassertropfen mit einer Pipette auf Flächen verteilen, die von der Sonne beschienen werden.
- Als Punkt erreicht, Standst. biegen. Verdeckelung streifen. Dosenrand auf Seite des neuen Sammelstellers. Wasse in Aluschale füllen.
- Alufolie darüber legen. Kerze anzünden.

→ danach Salz in einem Behälter sammeln

Beobachtung: Wasse verdunstet langsam und das Salz bleibt zurück.

Auwertung: Wassertropfen brauchen lange um in der Sonne zu verdunsten. Wasse verdunstet und Salz bleibt zurück.

2. Teil: Wasse verdunstet ~~langsam~~ kochen und das Salz bleibt in der Schale. Das heiße Wasse tropft wieder zurück bzw. sammeln sich oben an der Decke.

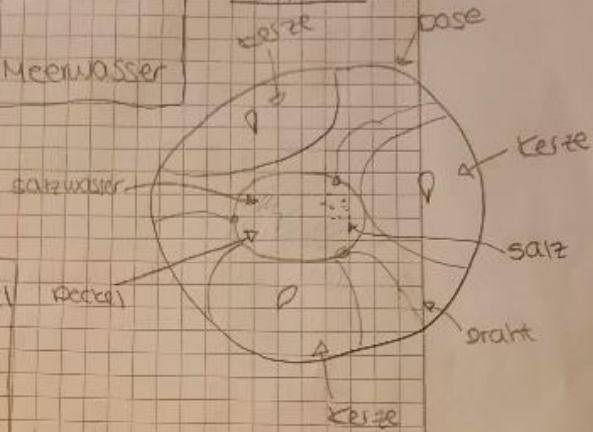
Salzgewinnung PROTOCOLL

Aufgabe: Salz aus Salzwasser gewinnen.

Materialien:

- 1 Feuerzeug
- 2 Schüsseln Meerwasser
- Draht
- 7 Teelichter
- Zange
- 2 Dosen
- 2 Glasdeckel
- Reagenzglas
- Pipette

Aufbau:



Durchführung:

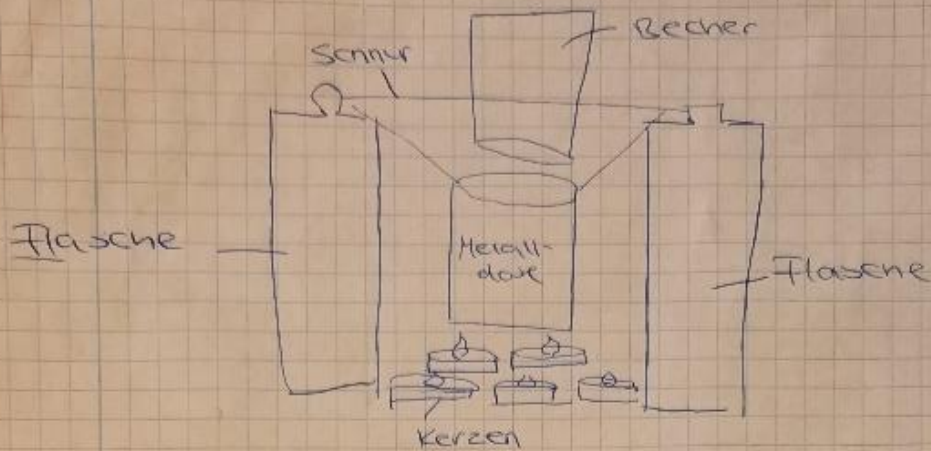
- Draht durch Deckel boren. 3 angezündete Teelichter pro Dose und dann den Deckel drüber gehängt. In den Deckel haben wir mit der Pipette ein bisschen Salz-
wasser reingetan. Dann haben wir gewartet bis das Wasser verdunstet und Salz entsteht.

Beobachtung:

Nach kurzer Zeit sieht man, wie das Wasser anfängt zu blubbern. Blasen haben sich gebildet und man sieht wie sich das Salz konzentriert.

Versuchsprotokoll

Aufbau:



Materialien:

- 7 Kerzen
- 2 Flaschen
- 1 Marmeladenglas
- 1 Metalldose
- 1 Schnur

Beschreibung:

Wir haben Meerwasser mit Hilfe von dem Temperatur-Wasserschöpfer aus dem Meer geholt. Danach haben wir einen sehr kleinen Teil des Wassers in eine Dose gemacht. Die Dose befestigten wir mit einem Seil an zwei Flaschen. Unter die Dose stellten wir Kerzen, um das Wasser zu erwärmen. Über die Dose hielten wir ein Glas, um das Wasser welches verdampft, wieder einzufangen. Wenn in dem Glas genug Dampf war, wechselten wir das Glas und stellten das mit Dampf gefüllte Glas in den Kühlschrank, um den Prozess zu beschleunigen. Die Gläser wechselten wir ungefähr alle 2 Minuten.

Beobachtungen:

Zuerst wurde die Dose warm und hat das Wasser erhitzt. Dadurch fing das Wasser an zu dampfen und stieg nach oben. Der Wasserdampf stieg in das Glas, dass sich weiß gefärbt hat. Nach einer gewissen Zeit fing das Salz sich am Boden der Dose abzusetzen.

Fazit:
 Rechts & links schüssel in der Mitte die Kerze und auf die Schüsseln die Dose mit Salzwasser drin.

⇒ Das ging nicht, weil der Abstand zwischen Dose und Kerze zu groß war.

Auswertung:
 Durch diese Methode (siehe erste Seite) konnten wir ein bisschen Salz gewinnen.

Gruppe
 Salty

Skizze

Material: 1 Becherglas, 1 Kerze, 1 Metallblech

Beschreibung: Das Glas befüllen mit Wasser, Metallblech auf Glas, Kerze in Mitte, Dose mit Salzwasser drin.

Beobachtung: Der Becherglas steht auf dem Metallblech, das Glas befüllt mit Wasser, das Wasser kocht, das Salz wird im Becherglas.

Beschreibung: Wir haben die Kerze in der Mitte des Becherglases, das Glas befüllt mit Wasser, das Wasser kocht, das Salz wird im Becherglas.

Beobachtung: Das Wasser kocht, das Salz wird im Becherglas.

Versuchsprotokoll - Salzgewinnung Lorez
März

Versuch: Salzgewinnung aus Salzwasser:

Materialien: Teelicht, Feuerzeug, Salzwasser, Tomatendose (leer), Pipette

Skizze:

Durchführung:
 Lorez und ich haben ein Teelicht angezündet und in eine Tomatendose gestellt. Darüber haben wir ein zweites leeres Teelicht mit einem Spritzenkopf mit drin befestigt, das das Gefäß beengte, und gaben das Wasser mit der Pipette in das Gefäß zurück.

SALZWASSER - SALZ+WASSER 2020

Materialien: Meerwasser, (Dreh), Teelicht, (Kochgeschüssel), Teelicht, Alufolie, (Becherglas), Pipette, Becherglas

Skizze:

Durchführung: Teelicht auf Teelicht stellen, 6 Tropfen (Meerwasser) auf Teelicht, 2 Tropfen Alufolie, 1 Tropfen Teelicht, 3 Tropfen in Becherglas geben.

Beobachtung: - Wasser kocht in 10 Minuten
 - Salz bleibt auf Alufolie am Boden zurück
 - Wasser verdunstet

Fazit: Wasser in Becherglas, das über Teelicht im Schüssel. Le Problem: zu viel Wasser, zu dichte Wand am Becherglas, geringe Hitze.

Anhang 4: CTD- Sounder instructions

Step by step instructions on how to use and deploy the CTD-Sounder using the Ocean College Method on a moving vessel

Using this method, it is possible to use the CTD Sounder “DAOWAN DW16 Series CTD” while on a moving vessel. The current setup is intended to consistently take measurements on a depth of up to 30m, with setups for 50m and 75m depth being developed. Currently, the maximum tested speed of the vessel is 6knots, we consider it being the limit to preserve our ropes and minimize the risk of loosing the device. The location of all equipment is referring to the “Pelican of London”, the same principle should be able to be applied on any vessel though.

It took us a long time and lots of errors to develop this procedure, and there is a reason for every single step. It is therefore essential, that you follow these instructions precisely and in the same order. The Equipment is very expensive and repairing opportunities at sea are non existent.

1. **Get permission** from the officer of the watch to prepare the deployment of the CTD sounder. Speed of the vessel, waves, rough seas, high traffic, shallow water,... might make the safe use of the device impossible. Check the depth of the sea and the layout of the seabed before deploying the sounder. There might be also complications with the deployment or hauling, which the officer needs to be prepared for.
2. **Prepare necessary hands.** The deployment is an operation that requires a minimum of 4 people, not including the officer of the watch. Make sure all hands are ready on the Poop deck in advance.
3. **Prepare all equipment.** Make sure you have all necessary equipment ready and in good (undamaged) condition gathered on the poop deck. This includes the CTD - device itself, a shackle attached to the top of the cage, the “ridiculously long rope” in the black barrel, the buoy with the red rope attached, the red rope should have an Engerfield clip attached at 2,5m, the “dark white rope” which connects the red rope with the device through another Engerfield clip, a boathook and lastly a pencil and piece of paper to take down the coordinates.
4. **Prepare the Setup.** Take your time in this process and make sure all steps are carried out, otherwise the entire apparatus or the ship might be damaged.
 - 4.1 Remove the lid of the big black barrel and move the barrel to the side of the Poop Deck. Make sure that the big white boxes (storage for life vests and Teletubby costumes) are not in the way to prevent chaffing.
 - 4.2 Lead the ridiculously long rope underneath the rails and spanker sheet aft. This step is not needed if hauling the sounder in by hand, but the ship might accelerate unexpectedly and the use of the capstan might be necessary.
 - 4.3 Attach the ridiculously long rope and the dark white rope to the shackle on top of the sounder. Secure the shackle with a ziptie. Use the loops on both the “ridiculously long rope” and on the “dark white rope”.
 - 4.4 Attach the other end of the “ridiculously long rope” to the bits. This end should have a permanent bowline knot.
 - 4.5 Connect the red rope and the “dark white rope” through the Engerfield clips. (The buoy should be attached to the sounder through the red rope)
 - 4.6 Untangle all ropes. Especially the “dark white rope” has a tendency to entangle itself.
 - 4.7 Remove the safety caps from the battery and the processing unit. Store the safety caps securely (I recommend the small shelves next to the steering wheel)

4.8 Connect the battery to the processing unit and sensor using the two cables, that are permanently attached to the cage of the sounder. Just push (no twisting!) the cables on the metal pins. The cables have a different array of pins, so they can't be connected wrongly. Screw the red lids firmly shut. From this moment on, the sounder starts collecting data.

4.9 Take down the coordinates of the ship's location.

5. Prepare the Launch

5.1 Get Permission from the officer of the watch. Inform him once more, that you are immediately about to deploy the device and get his permission for a second time.

5.2 Get the setup in position. The entire setup needs to be positioned on the outside of the rail. This takes a minimum of 2 people. Pull the sounder, all ropes and the buoy underneath the lowest rubber Johnny (rubber rail aft). One person holds the sounder, the second person is holding the coiled up "dark white rope". The "ridiculously long rope" should remain coiled up in the big black barrel and be attached with the second end to the bits.

5.3 Lower the sounder slowly until it is just barely above the water using the "ridiculously long rope". The second person should hold the coiled up dark white rope and the buoy.

6. Launching the device

6.1 Simultaneously drop all equipment into the water. The "ridiculously long rope" should unfurl by itself, make sure to stay clear of the rope

6.2 Observe the buoy. Once the "dark white rope" is stretched and the sounder has reached it's maximum depth, the buoy will float erect in the water. For 30 metres, this should take roughly 30-40 Seconds. Sometimes the ropes entangle, then the sounder doesn't reach the intended depth and the buoy erects earlier

6.3 Stop the "ridiculously long rope" by stepping on it once the buoy is erect. It is no problem to delay this step to be sure the sounder has reached it's intended depth, it merely means more meters of "ridiculously long rope" to haul back in.

6.4 Haul in the "ridiculously long rope". Depending on the speed of the vessel, this may be a very tough task and requires roughly 4 people. Make sure the "ridiculously long rope" is running through the aft fairlead to minimize the chaffing on deck. Slow down with hauling once the sounder is about to leave the water. One person should simultaneously coil the "ridiculously long rope" back into the big black barrel.

6.5 Slowly lift the sounder on deck using the boathook. Once more, the sounder needs to be pulled through underneath the rubber Johnny.

6.6 Once the sounder is secure on deck, haul in the buoy and the remaining "dark white rope".

6.7 Detach the battery from the processing unit and reattach the safety caps. Only at this point the sounder stops collecting data.

7. Post Measurement Proceedings

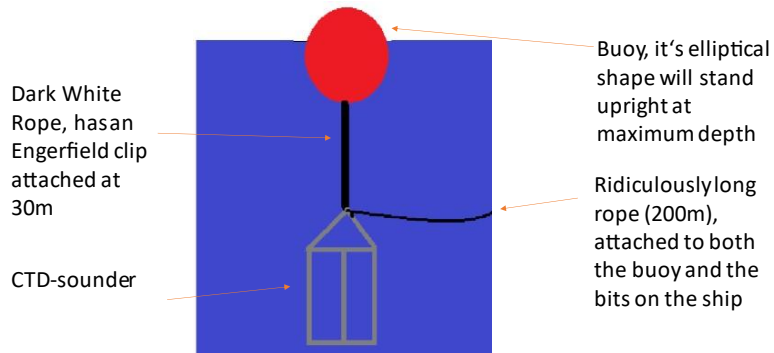
7.1 Basically, return to the status quo. Derigg the entire setup, store everything in the respective storage locations.

7.2 Secure all parts for sea using ropes and cables.

Note: it is possible to use the capstan to haul in the sounder. This might be necessary when the speed exceeds roughly 6 knots. This however would require a second member of the professional crew and the ridiculously long rope to be guided underneath the rails and the spankersheet. In essence the ridiculously long rope must be in a straight line from the capstan to the bits.

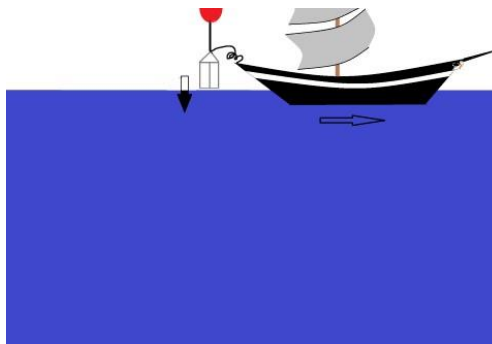
8. Graphical description of the deployment process

CTD-Sounder Setup



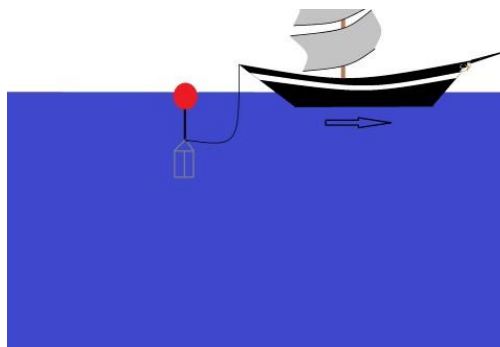
Step 1

The ridiculously long rope is attached to the bits. The entire setup is cast into the sea. Take down the coordinates at this point and start stopping the time.



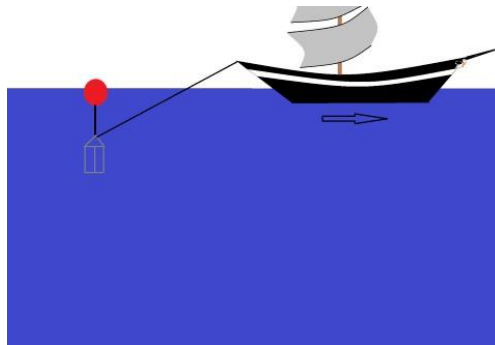
Step 2

The CTD sounder sinks to the depth determined by the dark white rope. (30m by default) As long as the ridiculously long rope is not fully stretched, the sounder remains quite stationary at his position and depth while the ship is sailing away. At this point, the buoy will be erect, indicating the maximum depth being reached. (with default 30m this takes roughly 30 seconds).



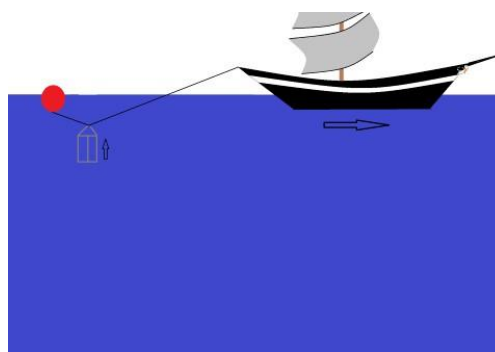
Step 3

At some point, the ridiculously long rope will be fully stretched, which will start dragging the sounder. This may also happen by entanglements with the rope or someone stepping on the ridiculously long rope.

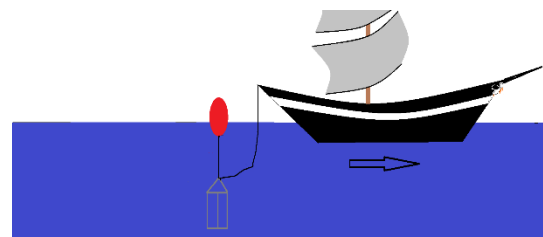
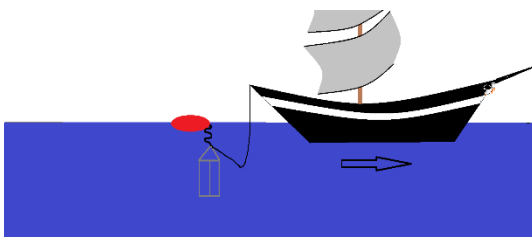


Step 4

Once the sounder is dragged, some of the values start jumping and will be discarded later on. This process will also happen when hauling in the setup through the ridiculously long line.



The most common issue is an entanglement of the dark white rope. If the buoy stands erect well before 30 seconds have passed, the sounder had problems reaching its depth. At this point the measurement has to be redone. It is recommended to flake the dark white rope, which is more work but more reliable. Below is a schematic depiction of the sounder reaching its maximum depth and the buoy standing upright.

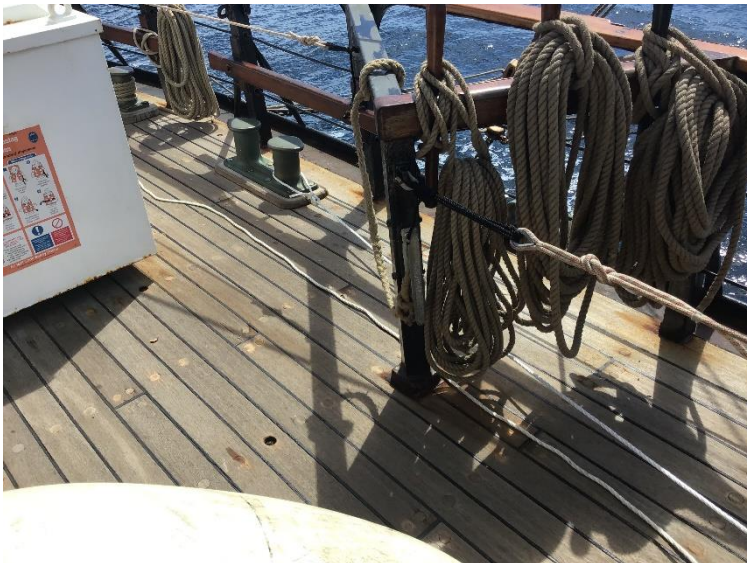


9. Graphical depiction of the setup



Ridiculously long rope coiled up in the big black barrel. Notice the ends leaving the barrel. One end (left) has a bowline knot attached to it and is to be secured to the bits. Only a few metres of it can be pulled out, since the rest of the rope is lying on it.

The other end (right) has a loop and needs to be attached to the sounder.



Notice how both ends of the ridiculously long rope are lead underneath the rails. The end with the bowline knot (right) is attached to the bits, the end with the loop (left) is lead further aft, underneath the spanker sheet and later on attached to the sounder.



Sounder as seen from the top, with a shackle attached on top.



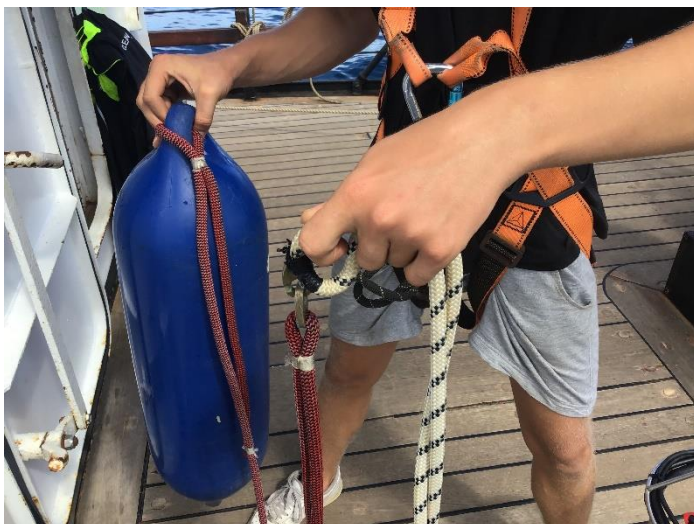
Ridiculously long rope (left) and dark white rope (right) attached to the shackle on top of the sounder.



Secure the shackle with a cablebinder (zip tie) through the eye of the bolt and through the shackle.



Your setup should currently look like this. Depending on how well the dark white rope was coiled, it might look a bit tidier or messier. Pull out the second end of the dark white rope until the Engerfield clip is freed. Here, the red rope of the buoy will be attached shortly. Notice the buoy and the already attached red rope being ready in the left corner of the picture.



Attach the blue buoy through the Engerfield clips on the dark white rope and the red rope.



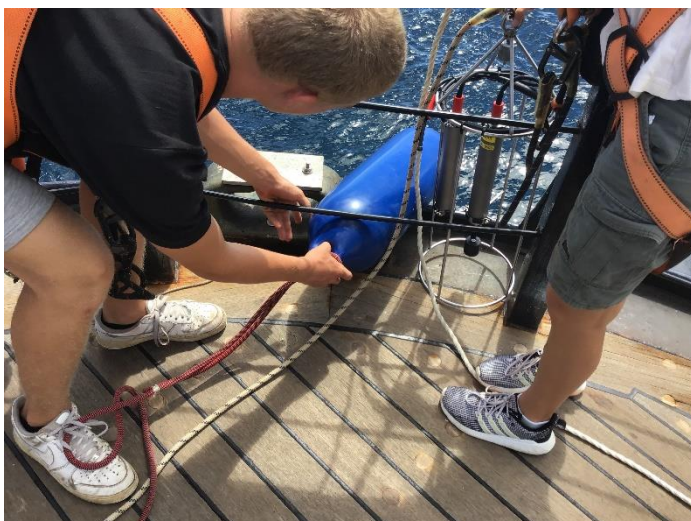
It might be a good idea to flake the dark white rope on the deck. It is slightly more work, but the risks of entanglement are removed.

In future builds, it is recommended to connect the buoy to the sounder through a single rope, rendering the Engerfield clips useless. They are relics from the development process and we didn't remove them. The Engerfield clips make an adaption to different ropes and depths a lot easier.



Connect the battery to the processing unit using the 2 cables already attached to the cage of the sounder. The safety caps have been already removed. Unscrew the red caps and pull/push the socket vertically.

Both cables have a different array of pins and can not be connected wrongly. From this moment on the sounder starts measuring and collecting data.



Push the sounder underneath the rubber Johnny and hold on to it through the ridiculously long rope. Shortly after push also the buoy and the dark white rope underneath the rubber Johnny.

Once all equipment is on the edge of the deck, inform the deck officer and await his permission for deployment.

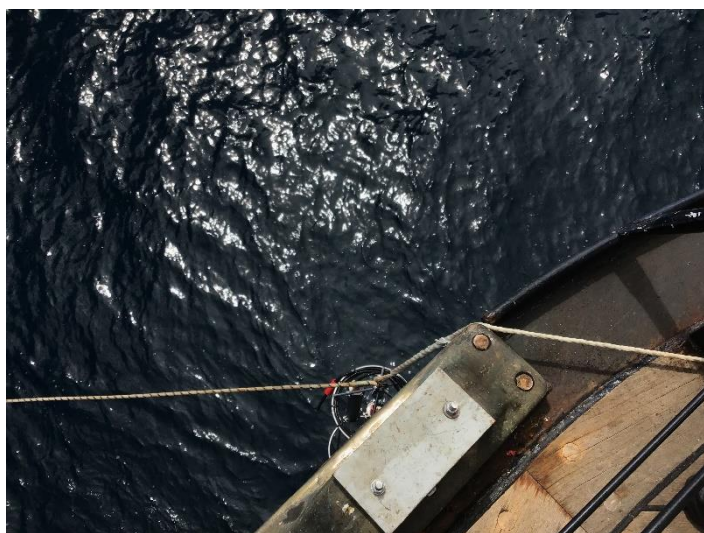
For deployment, lower the sounder until it is slightly above the water surface. Then drop all equipment simultaneously on the count of 3.

The drop and sinking of the sounder, the vertical positioning of the buoy are clearly shown in the attached video file. In this document, we will cover the consequent retrieval of the sounder.



A few steps ahead, we are already hauling in the ridiculously long line. In this case via the capstan, but it can be also hauled in by hand if the ship's speed is not exceeding 5 knots.

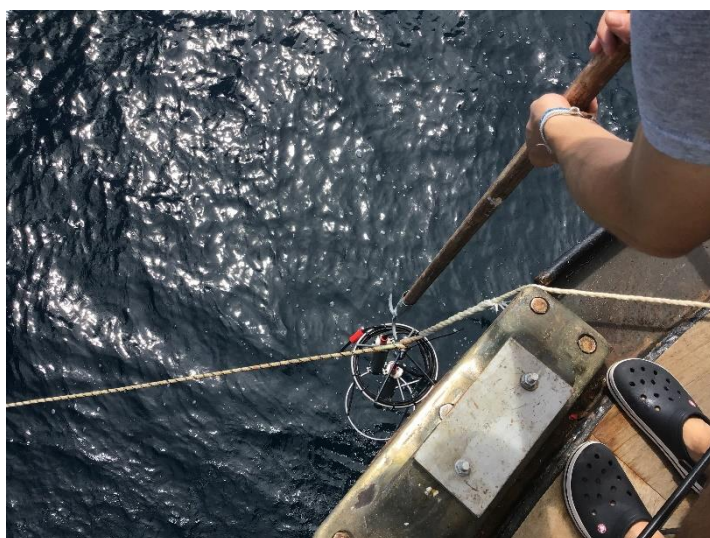
Once the buoy emerges from the water (usually close to the 30m mark on the ridiculously long rope), slow down on the hauling and prepare a person with the boathook.



Once the sounder is dangling a few metres below the poopdeck, stop hauling on the ridiculously long rope and grab the cage with the boathook. Pull the sounder up using the boathook, but make sure you hold the boathook vertically and not use it as a lever. The pole might snap otherwise.

Additional remark: Usually the ridiculously long white rope should be led through the fairlead to minimize chaffing. However on this picture we had converted the fairleads to Panama leads

for the crossing of the Panama canal and couldn't use them as usual.



Pull the sounder up on deck using the boathook. This procedure is a lot easier if an additional person holds and pulls on the dark white rope since the buoy is still dragging behind the ship and pulling the sounder downwards.

It is recommended to have 3 people performing this step:

1. Person on the capstan, to ease or haul if necessary
2. Person on the boathook
3. Person assisting with the rubber Johnny and the dark white rope



Once the sounder is secure on deck, haul in all remaining equipment (buoy and ropes). Disconnect the sounder's battery from the processing unit and disassemble the entire setup. Store all equipment appropriately and retrieve all data with the DAOWAN software.

Step by step instructions on how to use and deploy the CTD-Sounder using the Ocean College Method for deep sea measurements on a stationary vessel

This method is straight forward and resembles the originally intended usage of the CTD sounder. We reused a crane-construction, that was initially intended to be used while on a moving ship, to facilitate the deployment of the CTD sounder. With this method, greater depths can be reached, there is however no safety buoy, and the current plays a bigger role, in one of our cases diminishing our theoretical depth by 10%.

1. **Get permission** from the officer of the watch to prepare the deployment of the CTD sounder.
2. **Prepare necessary hands.** The deployment is an operation that requires a minimum of 2 people, not including the officer of the watch. The setup of the crane requires a minimum of 3, preferably 4 people, including a member of the professional crew and excluding the officer of the watch. Make sure all hands are ready on the welldeck in advance.
3. **Prepare all equipment.** Make sure you have all necessary equipment ready and in good (undamaged) condition gathered on the poop deck. This includes the CTD - device itself, a shackle attached to the top of the cage, the "ridiculously long rope" in the black barrel, the long pole, rigged with a chasing shackle (roll/block) and 2 guys, a boathook and lastly a pencil and piece of paper to take down the coordinates.
4. **Prepare the Setup.** Take your time in this process and make sure all steps are carried out. Otherwise the entire apparatus or the ship might be damaged.
 - a. Remove the lid of the big black barrel and move the barrel to the side of the welldeck. Make sure that no objects are in the way to prevent chaffing.
 - b. Set up the crane. This includes attaching it just underneath the Boat deck (also referred to as Bikini deck) and rig the guys. The ridiculously long rope and it's loop need to go through the chasing shackle before the pole is protruding on either port or starboard. The pole should be extended 2,5m to the side.
 - c. Attach the ridiculously long rope to the shackle on top of the sounder. Secure the shackle with a ziptie. Use the loop on the "ridiculously long rope".
 - d. Attach the other end of the "ridiculously long rope" to the bits. This end should have a permanent bowline knot.
 - e. Attach extra weight to the cage. At big depths, the buoyancy of the rope plays a surprisingly big role and slows the sinking process drastically.

- f. Remove the safety caps from the battery and the processing unit. Store the safety caps securely.
- g. Connect the battery to the processing unit and sensor using the two cables, that are permanently attached to the cage of the sounder. Just push (no twisting!) the cables on the metal pins. The cables have a different array of pins, so they can't be connected wrongly. Screw the red lids firmly shut. From this moment on, the sounder starts collecting data.
- h. Take down the coordinates of the ship's location.
- i. Alternatively, if the current and ship's position allow it, the deep sea measurements can be conducted from the poopdeck using the capstan. In this case, the ridiculously long rope needs to be lead underneath the rails and spanker sheets. Make sure that both ends of the dark white rope are not entangled with each other.

5. Prepare the Launch

- a. Get Permission from the officer of the watch. Inform him once more, that you are immediately about to deploy the device and get his permission for a second time.
- b. Get the setup in position. One person is holding on the "ridiculously long rope" while a second person slowly lowers the CTD-sounder outwards using the boathook. The "ridiculously long rope" should remain coiled up in the big black barrel and be attached with the second end to the bits. Remove the boathook so the sounder can dangle calmly from the crane.
- c. Lower the sounder slowly until it is just barely above the water using the "ridiculously long rope".

6. Launching the device

- a. Let go of the "ridiculously long rope" and let the sounder sink to maximum depth (=length of the ridiculously long rope). The "ridiculously long rope" should unfurl by itself so make sure to stay clear of the rope.
- b. The sinking process slows down the deeper the sounder is, presumably due to the buoyancy of the rope. You can slightly assist the sinking process by throwing segments of the furled up "ridiculously long rope" over bord to reduce friction. Once all rope is unfurled, the sounder has reached its maximum depth.
- c. Haul in the "ridiculously long rope". This may be a very tough task and requires roughly 4 people. Slow down with hauling once the sounder is about to leave the water. One person should simultaneously coil the "ridiculously long rope" back into the big black barrel.
- d. Slowly lift the sounder on the deck using the boathook. This requires a coordinated hauling and easing on the "ridiculously long rope".
- e. Detach the battery from the processing unit and reattach the safety caps. Only at this point the sounder stops collecting data.

7. Post Measurement Proceedings

- a. Basically, return to the status quo. De-rigg the entire setup, store everything in the respective storage locations. This includes the entire crane setup.
- b. Secure all parts for sea using ropes and cables.
- c. This crane setup is also ideally suited for taking water samples from big depths using the Hydro Bios water sampler.

Analysing the Data from the CTD sounder

1. Analysing the data

- 1.1 Connect the sounder to the Science Laptop using the special cable with a USB Port. The connected sounder is considered as an external memory disc.
- 1.2 Retrieve the data from the sounder by connecting it through a USB port to the Science Laptop. You can easily drag all Excel Files to the desktop.
- 1.3 Convert the Excel File from the sounder using the program “DWS(EN)”. It has a blue icon and is located on the left side of the Science Laptop’s Desktop.
- 1.4 Conversion of the Excel file:
 - 1.4.1 Open the “DWS(EN)” programme.
 - 1.4.2 Click on the button “Data Processing in the top bar.
 - 1.4.3 Using the button “Add” select the file you wish to convert.
 - 1.4.4 Using the button “Execute”, the excel file will be converted. The converted file will have by default the addition “...and so on” attached to file’s name.

2 Reading the data

The sounder takes a measurement every second, starting the moment the battery is connected to the processing unit. As a result, there are a lot of lines measuring the conditions on deck (sometimes even a few hundred lines, it depends on the preparation speed). The best way to orientate yourself is to monitor the pressure column, as 1 bar pressure roughly corresponds with 1 m depth. This way you can find the lines which reflect your measurements at the desired depth.

Since all the data is written in the first column, the entries are separated by a coma. It is possible to convert the file to have each entry in a separate column, but it is quite a hassle and I got used the current data layout.

Acknowledgements

The development of this process was only possible due to the continuous hard work of many people. I would like therefore to thank (in alphabetical order) Benjamin Wheatley, Chris Phillips, Connor Sexton, Ellie Lewis, Elisa Honegger, John Skelton, Paula Gerlach, Sara Plattner and Simon Jordan for their long hours of hard labour and ingenuity in developing the deployment process while at sea. Furthermore, I am deeply grateful to all students of the 2021/2022 Ocean College trip, who were the main motivational driving factor and assisted consistently and willingly with all trials. Without their manpower, eagerness and strength we wouldn’t have been able to carry out our measurements. Special thanks go as well to Johan Kegler and Julian von Borries for organizing this project and providing guidance from the shore as well as to our sponsors from DAOWAN, whose equipment have made these scientific measurements possible in the first place.

For further questions, comments or feedback, please feel free to contact me at michi.ogrodnik@gmail.com

We hope these instructions will prove useful and assist you in future measurements using the CTD-Sounder in various conditions.

All the best and good luck,

Michael Ogrodnik (23 .12.2021)

Anhang 5: Qualitatives Feedback der SchülerInnen zum Unterricht (Chemie, Biologie und Physik in einem)

Allgemeine Kommentare / Tipps für Michi:

super mit den Experimenten!

Das sollte Michi mehr /weniger tun?

~~Mehr~~
Generelles Feedback an OC: mehr Stunden für die NW-Matte
als für Geschichte, Geo, Englisch

Allgemeine Kommentare / Tipps für Michi:

ich finde deinen Unterricht sehr gut, weil
du eine Mischung aus praktischer und
theoretischer Arbeit machst und man
so viel verstehen kann und auch selber
Dinge ausprobieren.

Meine Lieblingsstunde (Thema, Fach): Salzgewinnung, Chemie

Das sollte Michi mehr /weniger tun?

keine Beschwerden, guter Unterricht

Allgemeine Kommentare / Tipps für Michi:

Danke für Abends extra Physik.
Wäre echt cool mit den zusätzlichen Experimenten, freue
mich schon zu Hause auf die Maische :)

Allgemeine Kommentare / Tipps für Michi:

richtig cooler Unterricht, mega entspannt, hab Dinge gerafft von denen ich dachte das
genau richtiges Vorgehen mit uns würde nie passieren

Allgemeine Kommentare / Tipps für Michi:

- Unterrichtsführung wirklich sehr gut, macht Spaß - ist verständlich, auch außerhalb d. Unterrichts beratend an Themen zu arbeiten (sehr erfreulich)
- ⇒ einer der besten Lehrer, die ich bisher hatte, sehr "schülerorientiert", habe teilweise erstmals Sachen verstanden, die ich vor Jahren hatte

Allgemeine Kommentare / Tipps für Michi:

Ich finde der Unterricht war sehr gut und hat Spaß gemacht.

So habe ich mir eigentlich Ocean College vorgestellt. Wir haben nicht nur Theorie sondern auch Praxis, also Erklärungen und auch Experimente. Die Themen haben zu Ocean College und unserem Umfeld gepasst.

Rückmeldung an dich: Ich finde du bist auf der Reise für uns nicht nur Lehrer gewesen, sondern eine Bezugsperson und jemand mit einem freundschaftlichen Verhältnis. Das fand ich sehr schön und

so habe ich mir auch das Verhältnis mit den Lehrern von OC vorgestellt.

Du kommst sehr gut mit uns Schülern umgehen, hast uns viel

Spaß erlaubt ~~haben~~, bei Rückmeldungen immer was positives, aber auch etwas zum verbessern gesagt, und in schulischen und anderen Dingen geholfen (z.B. Interviews, Artway, Schule).

Ich fand so als Beispiel, wenn man dich bei shore-leave auf der anderen Straßenseite gehen hat, hat man rüber gelaufen und gewunken, weil du nicht nur ein Lehrer für uns bist.

Meine Lieblingsstunde (Thema, Fach): Verschiedene 3er Experimente in Chemie. Man kann sich selbst einleiten, worauf man gerade Lust hat und die Experimente werden mal was anderes.

Das sollte Michi mehr / weniger tun? Mehr Experimente wie die Seife herstellen, sodass man am Ende etwas in der Hand hat.

Weniger ein Thema in einer Stunde kurz anschneiden und danach nicht wieder (Bio)

Allgemeine Kommentare / Tipps für Michi:

• Dank für den Unterricht und den Rest :)

• Manchmal mehr zu den Experimenten erklären, also warum ist das genau jetzt passiert, um die ganzen Kette.

Das sollte Michi mehr /weniger tun?

Ich fand den Unterricht gut auch das wir viele Experimente gemacht haben.
Somit habe ich es besser verstanden.

Ich würde weiterhin viele Experimente machen.

Allgemeine Kommentare / Tipps für Michi:

Ich fand den Unterricht bei dir gut, weil es eine lockere Stimmung war
und man die Themen gut verstanden hat.

Ich hätte mir aber gerne eine klarere Kommunikation beim
Pathway gewünscht.

Allgemeine Kommentare / Tipps für Michi:

Ich finde Deine Praktische Herangehensweise sehr gut

Das sollte Michi mehr /weniger tun?

Biochemie / Theorie / Chemie mehr praktisch

Allgemeine Kommentare / Tipps für Michi:

Ich finde es sehr gut mal ein anderes Lehrsystem kennenzulernen,
da man jede Stunde die Möglichkeit hat ein + zu sammeln und
nicht nur eine Klausurarbeit eingereicht wird.
Außerdem hast du super mit Schülern harmonisiert und es
gibt immer eine gute Atmosphäre

Allgemeine Kommentare / Tipps für Michi:

Bei Michi macht der Unterricht deutlich mehr Spaß als Zuhause

Hast alles perfekt gemacht. Für DC hast du für mich das best. Schulsystem.

Allgemeine Kommentare / Tipps für Michi:

Lieber Michi, ich liebe deinen Unterricht und für mich bist du mein absoluter Lieblingslehrer. Du hast uns gut unterrichtet und ich hatte immer viel gelernt gelobt und Spaß gehabt. Du warst nicht nur der beste Lehrer für mich, sondern auch der beste Ansprechpartner. Danke Michi

Das sollte Michi mehr /weniger tun?

für mich manchmal weniger Experimente, weil können mit so erklären gut zurecht und bin gut im Weggehen bei Experimenten.

Allgemeine Kommentare / Tipps für Michi:

Ich finde du bist ein Super Lehrer, und weiß wirklich nicht was du besser machen solltest. Ich finde es toll, dass dein Unterricht anders aufgebaut ist als zuhause in den Schulen, und obwohl wir unsere Unterlagen für die Tests benutzen dürfen, habe ich das Gefühl so viel mehr zu lernen, da ich wirklich interessierter ~~in~~ am Unterricht bin. Ich finde deine Experimente und die Praxis wirklich sehr cool und immer abwechslungsreich. Der Unterricht bei dir macht immer sehr viel Spaß! ♥

Anhang 6: Abstract

Bei Oceancollege handelte es sich um ein Bildungsprojekt, vergleichbar mit einem Auslandssemester für 35 SchülerInnen im Alter von 14-19 Jahren aus dem deutschsprachigen Raum. Die SchülerInnen segelten im Schuljahr 2021/2022 6 Monate lang auf dem Traditionsssegelschiff „Pelican of London“ von Kiel nach Costa Rica und retour. Dabei wurden mit 14 800 Seemeilen etwa 2/3 des Erdumfanges zurückgelegt. Hierbei wurden die SchülerInnen durchgehend von einem professionellen Team aus 7-10 Seeleuten und 3 LehrerInnen betreut und unterrichtet. Die SchülerInnen arbeiteten täglich mindestens eine Wache (4 Stunden) als Matrosen und hatten von Montag bis Samstag täglich 4 Stunden regulären Unterricht. Einen besonderen Schwerpunkt des Unterrichts stellte die Einbindung des außergewöhnlichen Umfelds und des Alltages dar. Zusätzlich wurden die SchülerInnen in alle anfallenden Arbeiten an Bord eines Schiffes eingebunden, wie Deck schrubben, Reparaturen durchführen, Kochdienste in der Kombüse, Segelmanöver, Forschungs- und Vertiefungsprojekte etc. an.⁵¹

Im deutschsprachigen Raum gibt es mit dem „Segelnden Klassenzimmer“ auf der „Thor Heyerdahl“ und dem „High Seas Highschool“ auf der „Alexander von Humboldt“ mehrere vergleichbare und lange etablierte Projekte, die ebenfalls Schulunterricht auf einem Segelschiff auf einer ähnlichen Route anbieten. Der praktische Teil dieser Arbeit wird sich auf den Ocean College Törn 2021/2022 beziehen, an dem ich als Lehrer für Chemie, Biologie und Physik, sowie als Leiter des Forschungsprojektes teilnahm.

Fragestellung: Wie kann didaktisch moderner, schülerzentrierter, experimenteller und hochqualitativer Chemieunterricht auf einem fahrenden Segelschiff mit einer heterogenen SchülerInnengruppe umgesetzt werden? Welche Anforderungen erweisen sich als essenziell für einen erfolgreichen Unterricht unter solchen Bedingungen?

Diese Masterarbeit beschreibt zunächst die allgemeinen Lebens-, Arbeits- und Unterrichtsbedingungen auf der „Pelican of London“ im Verlauf der Reise 2021/2022. Anschließend erfolgt eine Analyse des didaktischen und pädagogischen Hintergrunds. Im praktischen Teil werden einige exemplarische, gehaltene Chemiestunden sowie freiwillige, chemische Zusatzstunden beschrieben. Dieser Hauptteil befasst sich vorwiegend mit dem betitelten, aktiven und

⁵¹ Johan Kegler, Prinzip von Ocean College <https://oceancollege.eu/de/schule-auf-dem-schiff/> abgerufen am 22.5.2022.

experimentellen Chemieunterricht unter Extrembedingungen. Hierbei wird sowohl der umgesetzte Unterricht wie auch die Vorbereitung und die gescheiterten Experimente beschrieben. Zusätzlich wird ein Einblick in den „Science Pathway“ und die am Schiff laufenden, naturwissenschaftlichen Forschungsprojekte geliefert, welche von besonderer Bedeutung für den naturwissenschaftlichen Unterricht waren. Zum Abschluss erfolgt eine fachdidaktische Auswertung anhand von Fragebögen und Umfragen der teilnehmenden SchülerInnen.

Diese Arbeit ist vermutlich unter den ersten wissenschaftlichen Abhandlungen, die sich mit Chemiedidaktik auf einem sechsmonatigen Segeltörn beschäftigen. Viele der hier beschriebenen, situationsbedingten Methoden und Unterrichtsdurchführungen befinden sich daher in ihren Pionierschuhen. Viele Situationen sind mit den Standardbedingungen in herkömmlichen europäischen Schulen nicht vergleichbar. Daher werden in dieser Arbeit auch die Gedanken und Überlegungen des Verfassers als wesentlicher Bestandteil angesehen und zwecks Lesbarkeit aus der 1. Person geschildert. Dadurch lässt sich ebenfalls ein Einblick in den emotionalen Aspekt der Beziehungen zwischen LehrerInnen und SchülerInnen gewähren.

Auswertung:

Ich vertrete die Meinung, dass beim schülerbasierten, experimentellen Chemieunterricht unter solchen Extrembedingungen kreative Lösungsvorschläge an die SchülerInnen ausgelagert werden sollten. Klassische Versuchsanleitungen, die in einem entsprechend ausgestatteten naturwissenschaftlichen Labor wie Kochrezepte nachgekocht werden können, sind nicht möglich. Gegenüber den SchülerInnen hat die Lehrperson somit noch immer den Vorteil des vorhandenen Fachwissens und der Erfahrung, allerdings nicht den der Routine.

Die Lehrperson sollte sehr erfahren und fachlich gut sein, da man im Wesentlichen auf sich allein gestellt und Literatur oder Internetquellen nur sehr stark begrenzt zur Verfügung hat. Gleichzeitig ist bei der Lehrperson ein sehr hohes Engagement, hohe Flexibilität sowie Teamwork Pflicht, um die Rahmenbedingungen zu schaffen. Die Lehrperson muss kreativ sein sowie lösungsorientiert und Verantwortung auslagern können.

Die Extrembedingungen des Segelschiffes haben in Bezug auf die Unterrichtsführung einen sehr großen Vorteil, der Beziehung der Lehrperson zu den SchülerInnen. Das gegenseitige Kennen, Vertrauen, der Umgang auf Augenhöhe, Zusammenleben sowie Arbeiten abseits des Unterrichts sowie das gemeinsame Leiden unter widrigen Umständen schaffen ein einzigartiges Verhältnis.

Ein weiterer Vorteil für die Abhaltung des didaktisch modernen Chemieunterrichts war die lange Dauer der Reise. Dadurch konnten Routinen etabliert werden und sich sowohl die SchülerInnen als auch das Lehrpersonal aneinander gewöhnen.

Außerdem bin ich überzeugt, dass die Extrembedingungen im Lebensalltag Kreativität nicht nur fördern, sondern auch fordern. Kreativitätsbasierte Unterrichtskonzepte, wie beispielsweise das Forschende Lernen funktionieren daher aus meiner Sicht besser als in einem bestens eingerichteten Chemielabor mit idealen Bedingungen.

Einen nicht zu unterschätzenden Einfluss hat Humor und gute Laune, die vor allem in widrigen Bedingungen ansteckend sind und die Atmosphäre stark beeinflussen.

Abschließend soll noch auf das Dreieck der „Vier Lehrqualifikationen“⁵² von Herrn Anton verwiesen werden, um das Zusammenspiel zwischen Didaktik und Mathetik anzusprechen. Für einen erfolgreichen Unterricht befinden sich nicht nur die Lehrperson, sondern auch die SchülerInnen in einer Bringschuld. Wenn bei den SchülerInnen weder Wille noch Motivation vorhanden sind, so ist kein didaktisch moderner und schülerbasierter experimenteller Chemieunterricht möglich.

Hypothese:

Die Hypothese *„Didaktisch moderner, schülerzentrierter, experimenteller und hochqualitativer Chemieunterricht ist auch unter Extrembedingungen an extremen Orten möglich.“* kann somit als bestätigt erachtet werden.

⁵² Anton, M., Chemieunterricht verstehen. Zur Didaktik und Mathetik der Chemie, Beau Bassin/Mauritius: Lehrbuchverlag, 2019, 221.