

Masterarbeit

Medizinische Wissenschaft und ihre Bedeutung für die Schule

Klinische Chemie im Naturwissenschaftlichen Unterricht

eingereicht von

Mag. Michael Peter Berdev

zur Erlangung des akademischen Grades

Master of Health Education

an der

Medizinischen Universität Graz

ausgeführt im Rahmen des

Universitätslehrgangs Master of Health Education

unter der Anleitung von

Dr.med.univ. Florian Prüller

Graz, 21.11.2018

1. Einleitung	4
2. Klinisch-chemische Analytik	7
2.1. Qualitative Tests.....	8
2.2. Semiquantitative Tests	9
2.3. Untersuchungsverfahren	10
3. Urin.....	11
3.1. Makroskopische Urinbeurteilung.....	11
3.2. Mikroskopische Urinbeurteilung	17
3.3. pH-Wert Untersuchung	19
3.4. Teststreifen Untersuchung	21
3.5. Harnsäure.....	25
4. Blut	30
4.1. pH-Wert und Blutpuffer	30
4.2. Blutzucker	37
4.3. Glucosebestimmung im Urin	42
5. Polymerase-Kettenreaktion.....	44
5.1. Anwendungen der PCR	46
6. Arzneimittel	48
6.1. Geschichte, Synthese und Nachweise von Acetylsalicylsäure	48
7. Schulexperimente III	54
8. Wahlpflichtfach Chemie in der Humanmedizin	58
8.1. Lehrplan für das Wahlpflichtfach Chemie in der Humanmedizin	58
8.2. Interesse der Schülerinnen	59
8.3. Praktisches Arbeiten.....	59
8.4. Vorbereitung auf mögliche Studien	60
8.5. Gesundheitsförderliches Verhalten und Selbstreflexion fördern	61
9. Umfragen	64
9.1. Informeller Test	75
10. Diskussion	78
11. Literaturverzeichnis	82
12. Anhang.....	85
Anhang 1	85
Anhang 2	87
Anhang 3	90
Anhang 4	118
Anhang 5	121
Anhang 6	122
Anhang 7	127

Abstract

The main aim of this paper is to convey an evidence- and science-based worldview and self-image in teaching. One of the research questions is if clinical chemistry particularly and the medical sciences in general can help to achieve this goal. Is it possible and meaningful to integrate these sciences in classes? Will a more evidence- and science-based worldview and self-image increase the health awareness in students?

The first chapter evolves about the chemical analytics in medicine in general. What are the important qualitative and quantitative aspects of analytics? The validity or generalizability of test results is another important topic. The next chapters focus on the analysis of the body fluids urine and blood. The students become acquainted with the most common clinical chemistry tests. Students get to know modern analytic techniques such as the polymerase chain reaction and discuss the possible medical applications.

1. Einleitung

Die meisten Menschen wünschen sich ein längeres und gesünderes Leben. Eines der Hauptanliegen der Health Education ist es dazu beizutragen, den Menschen - und im Speziellen den Lernenden - zu helfen, mehr gesunde Jahre zu erleben. Die These dieser Arbeit lautet, dass ein wissenschaftliches und evidenzbasiertes Selbstbild in den Unterricht sinnvoll integriert werden kann und ein positiver Beitrag zum Gesundheitsbewusstsein möglich wäre. Für die Homo sapiens gab es in der Geschichte einige Kränkungen, die zumindest bei einem Teil der Art die Selbstwahrnehmung veränderte (vgl. Schroeder 2016: 59 f.). Zuerst wurden wir aus dem Zentrum des Universums vertrieben, dann wurden wir zu einem Lebewesen unter vielen und zuletzt haben wir auch noch festgestellt, dass bei vielen von uns ein Teil der DNA von den Neandertalerinnen stammt (vgl. Pääbo 2015: 2 f.). Was haben diese Kränkungen nun mit der Health Education zu tun? Warum sollten sie zu einem besseren Selbstverständnis oder gar gesünderen Lebensstil führen? In dieser Arbeit wird erörtert, ob ein auf Fakten basierendes Selbstbild zu einem gesünderen Leben beitragen kann. Es gibt Beispiele, die zeigen, dass mythische Welt- und Selbstbilder, wie sie zum Beispiel durch Religionen vertreten werden, auch positive Effekte auf das gesundheitsrelevante Verhalten von Menschen haben können. Wozu nun weitere Kränkungen des Menschen anstreben, wenn die positiven Effekte vielleicht gar nicht oder nur zu einem geringen Teil eintreffen? Sind diese dem Homo sapiens neanderthalensis zumutbar und wirken sie sich langfristig positiv auf die gesundheitliche Entwicklung der Art aus?

Es gibt noch viele andere Kränkungen - wir sind gekränkte Lebewesen, weil wir in einer Scheinwelt leben wollen. Man kann die Evolution nicht zum Stillstand bringen, denn die Welt um uns steht nicht still. Unsere Gene werden weiterhin dem Zufall der Mutationen unterliegen, auch wenn wir genetische Kosmetik betreiben. (Schroeder 2016: 60)

Warum wurde die Klinische Chemie als Disziplin zur Vermittlung und Überprüfung dieser Thesen gewählt? Die Klinische Chemie eignet sich, weil sie mit ihren Messmethoden und Werten den eigenen Körper im besten Sinne des Wortes begreifbar und erfahrbar macht. Der Homo sapiens soll nicht auf Messwerte reduziert werden, auch wenn man manchmal aufgrund des Umfangs dieser

Arbeit und des Zeitrahmens in der Schule Vereinfachungen und Verkürzungen vornehmen muss. Zulässige Vereinfachungen sind ein Ziel der Arbeit, weil es hier hauptsächlich um die Vermittlung an Kinder und Jugendliche geht. Ob eine Vereinfachung zulässig ist, muss sorgfältig von Fall zu Fall abgeschätzt werden, da sie auch die Gefahr von Fehldarstellungen in sich birgt.

Wir leben im Moment in einer Zeit des Ungleichzeitigen. Wir leben nicht rein in Fantasiewelten, aber auch nicht in einer ausschließlich von Evidenz bestimmten Wirklichkeit (vgl. Harari 2015: 254 f.). Harari erläutert die Funktion von Fantasiewelten in der Entwicklung des Homo sapiens ausführlich. Die Frage, wer die von der Evidenz bestimmten Wirklichkeit wie darstellt, ist in diesem Kontext nicht zu vernachlässigen. Wir stehen in der Gefahr, Welt- und Selbstsichten nach unseren Bedürfnissen zu gestalten. Es ist einer der Grundsätze von Wissenschaft, dass sie eingesteht, dass sie nicht alles weiß und deshalb nach dem Erwerb von mehr Wissen strebt. (vgl. Schroeder 2011: 15).

In der Medizin ist der Schritt hin zur evidenzbasierten Wissenschaft nicht mit dem Anlegen der weißen Mäntel abgeschlossen worden, sondern nach wie vor im Gange. Denken Sie an homöopathische Arzneien, die von Pharmazeutinnen und Pharmazeuten in Apotheken verkauft werden, Säure- und Basenpulver, die in Drogerien feilgeboten werden oder junge Männer und nicht konsensfähige männliche Babys, die aufgrund von religiösen Mythen in westlichen Krankenhäusern ohne Indikation beschnitten werden. Diese Handlung ergibt im Kontext einer mythischen Fantasiewelt einen Sinn, aber ist aus medizinisch-wissenschaftlicher Sicht schwerer begründbar. Das Erlangen, Vermitteln und die heilende Anwendung von Wissen sollte Ziel und Weg der medizinischen Wissenschaften sein.

Die Klinische Chemie als Disziplin der medizinischen Wissenschaft umfasst nach der Definition der International Federation of Clinical Chemistry von 1995 die Anwendung chemischer, molekularer und zellulärer Strategien und Techniken für das Verständnis und die Prüfung von menschlicher Gesundheit und Krankheit (vgl. Dörner et al. 2013: 29).

Für diese Arbeit wurden am BORG Deutschlandsberg im Chemie- und im Laborunterricht unter meiner Anleitung demonstrative, quantitative und qualitative Experimente mit Schülerinnen und Schülern durchgeführt - im Sinne der oben erläuterten Wissensvermittlung. In den folgenden Kapiteln wird beispielhaft auf einige dieser Versuche eingegangen und die intendierten Lerninhalte werden dargestellt. Anhand von experimentellen und theoretischen Beispielen werden Inhalte und Möglichkeiten für die Wissensvermittlung aufgezeigt. Es wird absichtlich wenig vorhandene fachdidaktische Fachliteratur verwendet, sondern anhand einer bewusst abgegrenzten Fachrichtung der Medizinischen Wissenschaften soll demonstriert werden, was an Vermittlung möglich ist. Es gibt noch weitaus mehr Möglichkeiten der Vermittlung und viele sicherlich sinnvolle andere Teilgebiete und fächerübergreifende Aspekte. Nicht nur die Chemie oder Biologie als Schulfächer und die Klinische Chemie sind geeignet, um die oben gesetzten Ziele zu erreichen.

Diese Arbeit beschränkt sich bewusst auf die Chemie und die Klinische Chemie, um anhand von eingeschränkten Beispielen und Themen zu zeigen und überprüfen, was möglich ist oder möglich wäre. Es geht um beispielhafte Einblicke, einen Überblick und Ausblicke in mögliche zukünftige Lehrbücher und Curricula. Als ein Einblick wurde an der Schule das Wahlpflichtfach Chemie in der Humanmedizin für die 11. und 12. Schulstufe konzipiert. In späteren Kapiteln werden das Curriculum und die dahinter liegenden Intentionen eingehender erläutern. Dieses Wahlpflichtfach ist kein theoretisches Konstrukt, sondern findet in den Schuljahren 2017/18 und 2018/19 am BORG Deutschlandsberg statt und wird von mir geleitet. Für Arbeiten, die die Vermittlung von evidenzbasiertem Wissen als zentralen Teil haben, ist es wichtig, diese durch Experimente zu untermauern.

2. Klinisch-chemische Analytik

Die Klinisch-chemische Analytik basiert auf der Erfassung und Auswertung von Symptomen und Laborergebnissen. Die Klinische Chemie beschränkt sich nicht nur auf die Analyse im Labor. Weitere wichtige Aspekte sind die Auswahl der am besten geeigneten Untersuchungsverfahren und eine qualifizierte Probenentnahme. In diesem Kapitel liegt der Fokus auf die Erfassung und Auswertung von Laborergebnissen.

Die Bewertung von Laborergebnissen sollte anhand von analytischen und medizinischen Kriterien geschehen. Zu den Kriterien der Analytik gehören Präzision, Richtigkeit und Referenzbereiche. Diese Aspekte sind sowohl für die Vermittlung einer exakten Wissenschaft (z.B. Chemie) als auch für das in dieser Arbeit angestrebte evidenzbasierte Selbstbild von zentraler Bedeutung. Die medizinischen Anteile werden für dieses Kapitel weniger berücksichtigt, sollen aber nicht vernachlässigt oder gar ausgeklammert werden. Weil diese Arbeit kein Leitfaden für die Ausbildung zu einer klinischen Chemikerin und eines Chemikers oder Ärztin und Arzt sein will oder kann, sondern es um die Vermittlung eines evidenzbasierten Menschenbildes geht, werden Anamnese und Aufnahmebefund weniger genau behandelt. Die Untersuchungsverfahren der Klinisch-chemischen Analytik kann man folgendermaßen einteilen (vgl. Dörner et al. 2013: 34):

- Qualitative Tests
- Quantitative Test
- Funktionstest

Ich habe diese Einteilung für diese Arbeit, aber auch für das Wahlpflichtfach Chemie in der Humanmedizin übernommen, weil die Schülerinnen und Schüler am BORG Deutschlandsberg diese Einteilung bereits aus dem Laborunterricht kennen oder kennenlernen werden. Einen Teil der Ausbildung im chemischen Laborunterricht machen die praktischen und theoretischen Grundlagen der qualitativen und quantitativen chemischen Analytik aus. Diese Herangehensweise ist sowohl für den Chemie- als auch den Laborunterricht und die angestrebte

Vermittlung dieser Arbeit für sinnvoll. Es ist wichtig, dass die Schülerinnen und Schüler verstehen, was ein qualitativer oder quantitativer Test ist, wie er funktioniert und was er aussagen kann und was nicht.

2.1. Qualitative Tests

Qualitative Tests im Allgemeinen prüfen nur auf zwei Alternativen, z.B. positiv oder negativ, ja oder nein, 0 oder 1, Strom oder Nichtstrom, sauer, basisch oder neutral. Vom Aufbau der Vermittlung her beginnt man mit diesen Tests. Ich finde diese klassische Einteilung sinnvoll und würde sie auch für mögliche Curricula so verwenden. Betrachtet man eine mögliche fächerübergreifende Einteilung, so würde ich z.B. mit einfachen qualitativen Säure-Base-Indikatoren-Experimenten in der Chemie und im Chemielabor beginnen und diese dann im weiteren Unterricht vertiefen und auf den Menschen beziehen. Es ist aber nicht nötig, so vorzugehen, es wäre auch möglich, dass Neugier und eine tendenziell positivere Bewertung von medizinischen Inhalten zu mehr Interesse auf Seiten der Schülerinnen und Schüler führt. Einfache positiv-negativ Ergebnisse sind leichter nachzuvollziehen und können bereits in der Unterstufe oder gar Volksschule zur Wissensvermittlung verwendet werden.

Die theoretische und praktische Vermittlung von Nachweisen von chemischen Elementen, z.B. in Form von Salzionen im Wasser, Gewässern, Getränken und Aquarien, sollte Bestandteil eines umfassenden Chemie- und Laborunterrichts sein, wie sie es etwa in der österreichischen Chemieolympiade ist. Es gibt zu diesen Nachweisen zahllose theoretische und praktische Beispiele. Ich möchte hier besonders die zahlreichen, kostengünstigen Beispiele der Chemieolympiade erwähnen (Österreichische Chemieolympiade 2017). Es gibt aber auch viele andere fachdidaktische Werke, die zu dieser Thematik ausreichend Stoff bieten. Ich schlage vor, dieses Wissen dann mithilfe von Beispielen anhand des menschlichen Körpers zu vertiefen. Auch hier bieten sich zahlreiche Möglichkeiten. Von der Aufnahme von Ionen im Körper angefangen über das Ausscheiden bis hin zu der Diskussion von Messmethoden und Standardwerten (vgl. Wächter 2011: 215-331). Einfache qualitative Wasserhärte-Testsets sind unkompliziert zu verwenden und zu erwerben und diese dann z.B. mit den

Referenzwerten im menschlichen Blutplasma zu vergleichen und deren Bedeutung zu diskutieren ist ein einfaches, aber wie ich meine, eindrückliches Experiment. Als Vertiefung könnte man mit wenig Mehraufwand die Konzentrationen von Lösungen mittels der Referenzwerte bestimmen. Weiters kann man den Schülerinnen und Schülern Lösungen innerhalb und außerhalb der Werte vorgeben und sie dann in die Rolle der klinischen Chemikerin und des klinischen Chemikers schlüpfen lassen. Werte zu messen und einzuordnen ist eine wichtige Transferleistung.

2.2. Semiquantitative Tests

In der Klinischen Chemie wurden aufgrund der Analyseanforderungen qualitative Tests weitgehend durch semiquantitative Tests ersetzt. Auch in der einfachen chemischen Analyse werden zunehmend semiquantitative Tests statt qualitativer Tests verwendet. Ein semiquantitativer glucosespezifischer Urinstreifen z.B. liefert ein 5-fach abgestuftes Ergebnis von negativ bis positiv und reicht von 100 mg/dl bis zu mehr als 2000 mg/dl Glucose (vgl. Dörner et al. 2013: 35).

Es ergeben sich hier viele mögliche Anwendungen. Anschaulich und relativ einfach ist es, die Bedeutung von Glucose für den tierischen und menschlichen Organismus zu thematisieren und anschließend mit Teststreifen Glucose in Eigenurin zu bestimmen. Bei der Arbeit mit Urin ist wegen des Risikos einer Übertragung von Krankheiten größte Vorsicht geboten. Da Fremdurin als Mittel zur Bestimmung in der Schule wegen der Ansteckungsgefahr nicht geeignet ist, ist es aber möglich, selbst gelb gefärbte Glucose- oder Salzlösungen herzustellen und wiederum die Schülerinnen und Schüler mit Indikatoren, Leitfähigkeitsmessungen, Teststreifen und Referenzwerten diese zu bestimmen und einordnen zu lassen. Aus einem wissenschafts- und in der Weststeiermark lokalhistorischen Blickwinkel (vgl. Stainzer Flascherlzug 2016) kann man die Methode nachstellen, die Konzentration von gelben Glucoselösungen (Urinersatz) durch Geschmacksproben ungefähr zu bestimmen (was auch einen gewissen Unterhaltungseffekt beinhaltet). Auch die zuvor erwähnten fertigen Wasserhärtebestimmungen erlauben eine semiquantitative Bestimmung mittels Indikatoren. Ich denke, dass der Vergleich der beiden Versuchsreihen es den Schülerinnen

und Schülern erleichtern kann, hier den Transfer von den im Wasser gemessenen Ionenwerten zu den eigenen medizinischen Daten zu schaffen.

Die Bestimmung von Glucose im Urin oder Blut ist für die Vertiefung von medizinischem Wissen anhand der Klinischen Chemie geeignet. Vor allem im Biologie- und Chemieunterricht der Oberstufe in Österreich ist die theoretische und praktische Vermittlung der Entstehung, Eigenschaften, Verwendung, Verwertung und Bedeutung für Lebewesen von Glucose in den Lehrplänen vorgeschrieben (Bundesministerium für Unterricht und Kunst 2018). Ich werde in dem Kapitel Blut noch näher durch Beispiele auf Möglichkeiten der Vermittlung eingehen.

2.3. Untersuchungsverfahren

Die Beschäftigung mit den verschiedenen Untersuchungsverfahren der Klinischen Chemie bietet sich aus mehreren Gründen für die Ziele dieser Arbeit an. Als besonders günstig empfinde ich die Synergieeffekte, die sich aus den selben Inhalten der Schulfächer Chemie, Physik, Biologie und naturwissenschaftlichen Laboren ergeben. Zentrifugation, Filtration, Fällung, Extraktion, Chromatographie, Fotometrie und Elektrophorese sind Inhalte des Laborunterrichts am BORG Deutschlandsberg (vgl. Wächter 2011: 215-342). Sie sind und sollten in den meisten naturwissenschaftlich orientierten Oberstufen Inhalte sein. Die Beschäftigung mit den Untersuchungsverfahren der Klinischen Chemie bietet nun die Möglichkeit, das Erlernte zu vertiefen, festigen und vor allem die praktische Anwendung, Umsetzung und Bedeutung zu verstehen. Für ein weiteres Ziel dieser Arbeit, zu einem wissenschaftlichen und evidenzbasierten Selbstbild des Homo sapiens beizutragen, kann die Beschäftigung mit den verschiedenen Untersuchungsverfahren der Klinischen Chemie zentrale Inhalte und Kompetenzen beitragen. Wenn man versteht, wie die Werte, mit denen der Zustand des menschlichen Körpers erhoben, bewertet und beurteilt wird, zustande kommen und analysiert werden, können diese eher und eingehender verstanden werden. Das bedeutet nicht, dass die von den verschiedenen Untersuchungsverfahren der Klinischen Chemie erhobenen Werte allein den Zustand des menschlichen Körpers bestimmen. Es geht hier um mehr Verständnis für den menschlichen Körper. Der Homo sapiens soll nicht auf diese Werte

reduziert werden, auch wenn manchmal aufgrund des Umfangs dieser Arbeit und des Zeitrahmens in der Schule Vereinfachungen und Verkürzungen vorgenommen werden müssen.

3. Urin

Urin als Gegenstand der Analyse in der Schule eignet sich besonders. Urin ist leicht nachzustellen - vor allem hinsichtlich makroskopischer Eigenschaften - und an weniger Auflagen gebunden als Blut. Urin kann als wässrige Lösung hergestellt werden. Mit den Literaturwerten für die Salze, Säuren, Basen, Farbstoffe und organischen Moleküle im Urin ist es möglich, sehr genaue Urinersatzlösungen im Chemielabor zu erzeugen. Bei der Arbeit mit Urin ist wegen des Risikos einer Übertragung von Krankheiten trotzdem größte Vorsicht geboten und die Analyse von Fremdurin sollte in der Schule nicht stattfinden. Die präventiven Hygienemaßnahmen haben sich nach den aktuellen medizinischen Standards zu richten. Es ist darauf zu achten, die Schülerinnen und Schüler nicht mit dem möglicherweise verbundenen Ekel zu überfordern. Einige Möglichkeiten sollen hier beispielhaft aufgezeigt werden. *Klinische Chemie und Hämatologie, Biomedizinische Analytik für MTLA und Studium* von Jürgen Hallbach erscheint als Orientierung für dieses Kapitel als geeignet (Hallbach 2011). Dieses Werk wird auch als Grundlage für den Unterricht im Fach Chemie in der Humanmedizin verwendet. Die meisten Beispiele stammen aus diesem Unterricht am BORG Deutschlandsberg.

3.1. Makroskopische Urinbeurteilung

Die Färbung des Urins ist ein auffälliges Merkmal sowohl für Untersuchende als auch für die Patientinnen und Patienten und die Schülerinnen und Schüler. Im Sinne der angestrebten Erweiterung des Selbstverständnisses, der Selbsterfahrung und des Selbstbildes eignet sich diese Beurteilung (vgl. Hallbach 2011: 489 f.). Ohne Probleme lassen sich Lösungen herstellen, die die entsprechende Färbung besitzen. Mittels Tabelle ist eine frühe und basale erste Einschätzung möglich (Hallbach 2011: 491). Nach einer sorgfältigen Abschätzung der Grenzen der Zumutbarkeit der Schülerinnen und Schüler kann unter

Umständen über ein persönliches „Urintagebuch“ oder eine Analyse des eigenen Urins gesprochen werden. Ich erwähne diese Möglichkeit, werde sie aber aus Gründen der Vorsicht und Achtung vor der Intimsphäre meiner Schülerinnen und Schüler in meinem Unterricht nicht umsetzen. Aus der Erfahrung der im Unterricht erhobenen Rückmeldungen stößt das Thema Urin zwar einerseits auf einen gewissen Ekel, aber auch auf Faszination. Ich habe mich aus den bereits erwähnten Gründen um eine schülerinnenadäquate Umsetzung der Thematik bemüht und kann zumindest nach den Rückmeldungen feststellen, dass sie als interessant wahrgenommen wurde.

Ich habe für den Unterricht am BORG Deutschlandsberg und an der KF-Uni Graz die zuvor erwähnten künstlichen Urinproben zusammengestellt bzw. zusammenstellen lassen.

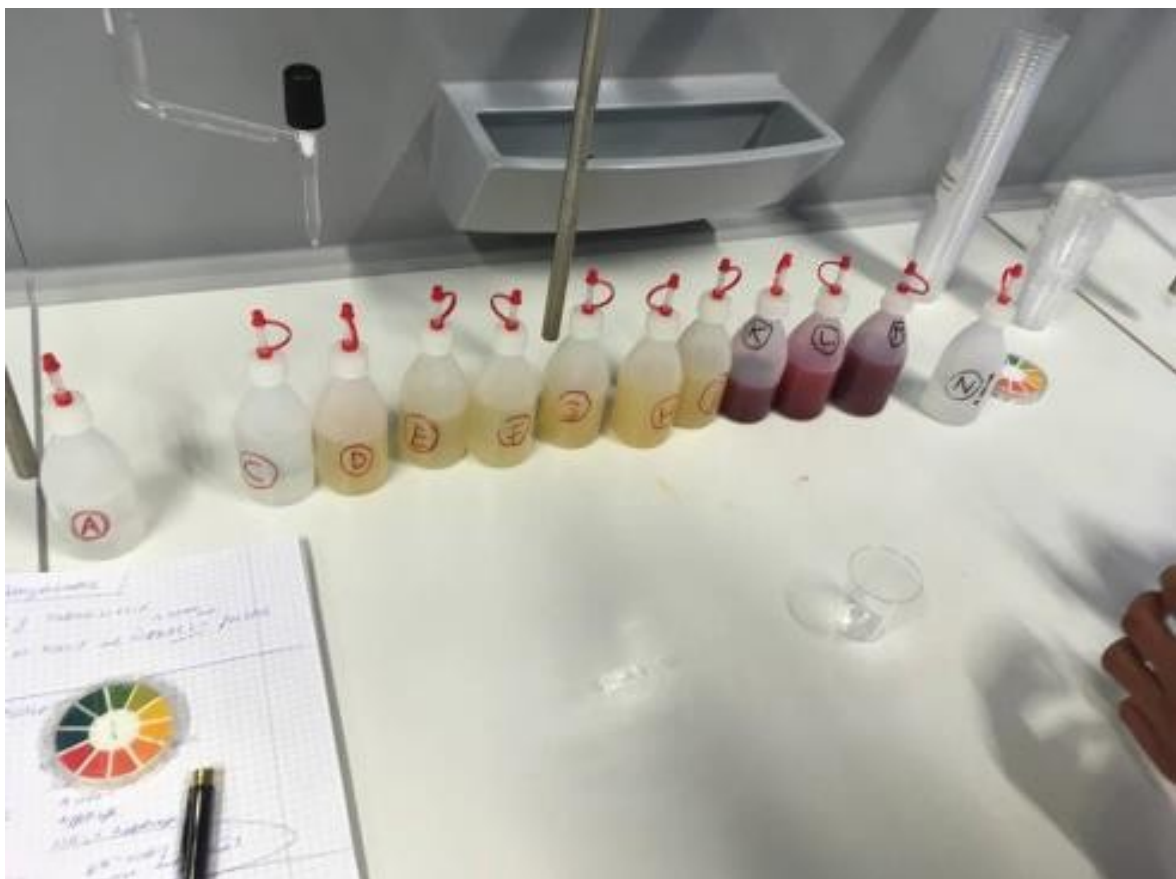


Abb.1: Von mir erstellte Urinproben für die Beurteilung von Urin anhand von Geschmack, Farbe, Geruch, Trübung und pH-Wert¹

¹ Das Foto stammt aus dem Protokoll für Schulexperimente III an der KF-Uni Graz von Maximilian Klinger und Markus Pilz.

Für die Einschätzung der Farbe der Urinproben habe ich für die Schülerinnen und Schüler und die Studentinnen und Studenten folgende Tabellen und Einleitung entworfen bzw. übernommen (vgl. Dörner et al. 213: 489-505):

Die Menge, Farbe, Klarheit und der Geruch von Urin sind seit dem Mittelalter wichtige Mittel zur Analyse von Urin. In der Schule sind sie einfache und gut zugängliche Möglichkeiten für die Urinanalyse. Sie eignen sich für die Vertiefung von Nachweisreaktionen und eine Veranschaulichung der Alltagsrelevanz von chemischen Analysen.

Der frische Urin ist bei gesunden Menschen normalerweise klar und strohgelb. Im alkalischen Urin kann es beim Wasserlassen durch Calciumphosphat-Ausfällung zu Trübungen kommen. Hauptursachen für Trübungen sind: Eiter (Pyurie), Fetttropfchen (Lipidurie), Lymphe (Chylurie), Calciumphosphate im alkalischen Urin (Phosphaturie) und Natriumurate im sauren Urin (Uraturie). Es kommt durch längeres Stehenlassen und die Kühlung im Kühlschrank zu Trübungen im Urin. Meistens sind diese ohne pathologische Bedeutung (vgl. Hallbach 2011: S. 358-364).

Einteilung	Urinmenge ml/d	Ursachen
Frauen	600 - 1600	
Männer	800 - 1800	
Kinder	Geringere Mengen	
Oligurie	< 400	Dehydratation, Nierenversagen
Anurie	< 100	Nierenerkrankung, Harnabflussstörung
Polyurie	> 2500	Nierenerkrankung, Stoffwechselerkrankung

Optik Urin frisch	Ursache	Nachweise
Klar	Normalbefund	
Helle Trübung	Leukozyten	Unlöslich in 3% Essigsäure
Helle Trübung	Bakterien, Hefen	
Helle Trübung	Spermatozoen, Cystin	

Optik Urin frisch	Ursache	Nachweise
Rotbraun	Erythrozyten	Zentrifugieren und lösen in 3% Essigsäure
Braune Flocken	Stuhl bei Säugling	
Milchig	Fetttröpfchen: Chylurie	Fetttröpfchen in Ether löslich
Milchig	Lipurie	Nephrose in Ether unlöslich

(Dörner et al. 213: 489-491)

Das Ziel dieser Experimente ist es, ein auf Fakten basierendes Selbstbild zu fördern und im besten Fall zu einem gesünderen Leben beizutragen. Die Schülerinnen und Schüler sollen keine Diagnosen erstellen oder sich selbst zu behandeln beginnen. Es geht mir um eine Vertiefung des Verständnisses der Vorgänge im Körper und ihre für die Gesundheit relevanten Faktoren. Die Vermittlung der Inhalte und Erkenntnisse der medizinischen und evidenzbasierten Wissenschaften ist das Ziel dieser Unterrichtseinheiten.

Farbe Urin	Ursachen
Wasserklar	Diabetes insipidus: Polyurie, viel getrunken
Strohgelb	Urochrome - Stoffwechselprodukte, Normalform
Intensiv gelb	Flavine - hohe Dosen Vitamin B ₂ , Phenacetin: Arzneistoff für Fieber und Schmerzen
Gelb-orange	hochkonzentrierter Urin, Bilirubin, Urobilin, Fieber
Gelb-grün	Bilirubin, Biliverdin, Fluoreszein: Pseudomonas-Infektion
Blau-grün	Biliverdin, Pyozianin: Pseudomonas-Infektion, Methylenblau
Gelb-braun	Bilirubin, Biliverdin, im sauren Urin Rhabarber
Rot	Hämoglobin, Erythrozyten, Myoglobin, Porphyrine, rote Bete
Rot-brau	Methämoglobin
Rosa	Im basischen Urin Rhabarber
Braun-schwarz	Methämoglobin, Porphyrine, Homogentisinsäure, Melanin, Methyldopa, L-Dopa

(Dörner et al. 213: 491)

Diese einfache Beurteilung der Urinproben über Geschmack, Farbe, Geruch und pH-Wert ist bewusst niederschwellig gehalten und eignet sich je nach Umsetzung

für den Unterricht von der Volksschule an bis in die vertiefenden Chemielabore in der Oberstufe. In der Volksschule wäre die Farbe und der Geschmack ein guter Fokus der Versuche. Vielleicht habe die Kinder schon selbst die unterschiedliche Färbung ihres Urins bemerkt und diese Versuche bieten eventuell einen guten Einstieg für Gespräche über z.B. Krankheiten, Impfungen und Ernährung. Der süße Zuckergeschmack von einigen der hergestellten Urinproben könnte als Einstieg für eine Auseinandersetzung über den Konsum von Zucker dienen.

In der Oberstufe waren die Erfahrungen mit diesem einfachen Einstieg in die Thematik durchwegs positiv. Der Vorteil der Bearbeitung der Thematik in der Oberstufe einer AHS ist, dass die Schülerinnen und Schüler aus Biologie, Chemie und etwaigen Laboren und Wahlpflichtfächern ein breiteres Vorwissen besitzen sollten, auf das der Unterricht zumindest theoretisch aufbauen kann. Meiner Erfahrung nach haben sowohl Schülerinnen und Schüler als auch Studierende des Lehramtsstudiums Chemie Freude an diesen simplen Untersuchungen.

Ich habe versucht, diese Experimente in ihrem medizinhistorischen Kontext zu verorten, um den Studierenden und den Schülerinnen ein besseres Verständnis für die Entwicklung von Untersuchungsmethoden zu geben. An der Universität habe ich zudem in einem Aufbau den Bogen von diesen einfachen Untersuchungsmethoden bis zu der Untersuchung mit modernen Fotometern gespannt. Für die Schülerinnen und Schüler der Oberstufe sind vor allem die Nachweise ein ergiebiges Gebiet. Wurde im Unterricht bereits der Aufbau von polaren und unpolaren Molekülen besprochen, ist der Nachweis von Fetttropfen durch ihre Löslichkeit in Ether ein einfacher und gut nachvollziehbarer Nachweis. Der Aufbau und die Löslichkeit bzw. Denaturierung von Proteinen zählt auch zum Basisstoff der Oberstufe in Chemie und Biologie und kann in diesem Zusammenhang vertieft werden.

Die zuvor erwähnten Nachweise von Ionen im Wasser sind ebenfalls Standardstoff für den Chemie-, Chemielabor- und Chemieolympiadeunterricht und können hier angewandt und erweitert werden.

Optik Urin stehenlassen, kühl	Ursache	Nachweise
Helle Trübung	Phosphate, Carbonate, alkalischer Urin	Lösen in 3% Essigsäure
Helle Trübung	Urate saurer Urin	Lösen durch erwärmen oder Basen
Helle Trübung	Oxalate	Lösen in 2 mol/l HCl

(Dörner et al. 213: 490)

Als kurzes Beispiel möchte ich hier das Lösen und den Nachweis von Carbonaten durch Säuren nennen. Sowohl für die allgemeine Wasseranalytik als auch für den Themenkreis Wasserhärte ist das Lösen und der Nachweis von Carbonaten durch Säuren ein zentraler Bestandteil des Stoffes, der im Zuge der Urinanalysen vertieft, angewandt und erweitert werden kann.

Der Geruch von Urin ist ein weiteres einfaches und für alle Altersgruppen geeignetes Mittel zur Analyse.

Geruch Urin	Ursache	Nachweise
Ammoniak	Bakterien in Harnwegen	pH - Wert, Kupfersulfat
Ammoniak	Bei Neugeborenen kann es ein Hinweis auf eine angeborene Aminosäure- und Fettstoffwechselstörung sein	pH - Wert
Aceton	Hunger, Diabetes: Ketonurie	
Eigentümlich	Nahrungsmittel, Medikamente und Gifte	

(vgl. Hallbach 2011: 358)

Der Geruch von Aceton und Ammoniak ist den meisten Schülerinnen und Schülern aus ihrer Alltagswelt - bewusst oder unbewusst - bereits bekannt. Eigentümliche Gerüche wie z.B. den von Spargel kann man mittels Pulver leicht herstellen. Diese Untersuchungen sind wiederum niederschwellig und können bereits im Volksschulalter umgesetzt werden. Sie beinhalten jedoch genügend theoretischen Hintergrund für eine theoretische Umsetzung für den Unterricht der Oberstufe. Zusätzlich kann der Stoffwechsel und die Auswirkungen von Störungen auf den Urin im Speziellen und den gesamten Körper im Allgemeinen besprochen werden.

Praktisch können sowohl der pH-Wert gemessen werden, als auch Aceton und Ammoniak mittels Nachweisreaktionen nachgewiesen werden.

3.2. Mikroskopische Urinbeurteilung

Die mikroskopische Analyse von Mikroorganismen im Urin ist ein weiteres ergiebiges Feld für die Schule, wobei im schulischen Kontext der Umgang und das Arbeiten mit und an Mikroorganismen nur beschränkt möglich ist und strengen gesetzlichen Auflagen unterliegt. Ich habe diese Untersuchungen weder im Labor noch im Wahlpflichtfach praktisch umgesetzt, möchte aber eine praktische mikroskopische Umsetzung nicht ausschließen. Diese wären für den Biologielaborunterricht geeignet, aber es sei nochmals darauf hinweisen, dass im Umgang mit Mikroorganismen in der Schule besondere Auflagen gelten.

Die folgende Tabelle hat den Sinn, die makroskopische mit der mikroskopischen Beurteilung von Urin zu verknüpfen und wurde wie die anderen Tabellen in diesem Kapitel auch für die Versuche im Wahlpflichtfach Chemie in der Humanmedizin als auch für die Versuche im Zuge der Schulexperimente III verwendet.

Optik Urin länger stehenlassen, warm	Ursache	Nachweise
Wolkige Trübung Boden	Bakterien	Mikroskopisch
Wolkige Trübung Boden	Nubekula: Phosphate, Mucine, Epithelien der Harnweg	

(Dörner et al. 213: 490)

Es ist nicht nötig, alle Möglichkeiten der Untersuchung praktisch umzusetzen. Hier wird beispielhaft auf eine theoretische Umsetzung anhand der Literatur eingegangen. Das Lehrbuch *Klinische Chemie und Hämatologie Biomedizinische Analytik für MTLA und Studium* von Jürgen Hallbach enthält anschauliche Abbildungen von den normalen und pathologischen Harnsedimentbestandteilen (vgl. Hallbach 2011: 500-506). Anhand dieser Abbildungen ist es ohne weiters möglich, Bilder von mikroskopischen Harnsedimentbestandteilen mit den Schülerinnen und Schülern gefahrlos zu besprechen, bearbeiten und analysieren. Dies könnte z.B. mittels in der Literatur vorgegebenen Einteilungen und Grenzwerten besprochen werden.

Die organisierten Bestandteile stammen – aus der Niere (renal), – aus den Harnwegen (postrenal) und – aus Vagina, Prostata oder Hoden (nicht renal). Art und Zahl von Erythrozyten, Leukozyten und Zylindern sind diagnostisch besonders wichtig. Zylinder entstehen als Ausgussmodelle der distalen Tubuli und Sammelrohre. Ihre Matrix wird von dem wasserunlöslichen Tamm-Horsfall-Protein (Epidermal Growth Factor) gebildet und aus ihrem Inhalt lassen sich wichtige diagnostische Schlüsse ziehen. Beurteilung des Harnsediments Normalbefund. Es finden sich im Gesichtsfeld vereinzelt Leukozyten (bis 4), Erythrozyten (bis 1), Plattenepithelien und Kristalle sowie ganz vereinzelt auch hyaline Zylinder. Pathologische Sedimentbefunde. Vermehrung der Leukozyten bzw. Erythrozyten (mehr als 20 je Blickfeld „zahlreich“ und mehr als 50 „massenhaft“), von Bakterien, Auftreten von Zylindern und Nachweis von Rundepithelien aus der Niere. (Hallbach 2011: 361)

Die Analyse und Erarbeitung von diesen Harnsedimentbestandteilen eignet sich wahrscheinlich besonders für den Biologie- und den Biologielaununterricht. Zumal das Arbeiten mit Mikroskopen zentraler Bestandteil dieser Fächer ist. Für den Unterricht in den Fächern Chemie, Chemielabor oder Chemie in der Humanmedizin ist beispielsweise die Analyse der mikroskopischen Erscheinungsformen der häufig auftretenden Harnkristalle eventuell ergiebiger.

Die Harnsteinanalyse ist ein weiteres Gebiet, das sich für eine theoretische Umsetzung mittels Literatur eignet, was anhand eines weiteren Textes näher erläutert werden soll:

Von besonderer Bedeutung sind die Konzentration der entsprechenden Harnbestandteile, die Anwesenheit von Kristallisationskeimen und der pH-Wert. Am häufigsten finden sich Calcium- und Uratsteine. Sie entstehen fast immer im sauren Urin durch Überschreitung des entsprechenden Löslichkeitsproduktes. Calciumoxalate und Urate können dabei als Kristallisationskeime für Calciumphosphatsteine (Apatit) wirken. Da diese allerdings nur im alkalischen Milieu auskristallisieren, muss als Voraussetzung im Rahmen einer Nierenbeckenentzündung Ammoniak durch bakterielle Urease gebildet werden. Aufgrund der postrenalen Alkalisierung des Harns können sich außerdem Magnesiumammoniumphosphat-haltige Steine (Struvit) bilden, die schließlich das ganze Nierenbecken ausfüllen können. Cystinsteine kommen ausschließlich bei der angeborenen Cystinurie vor, da Cystin erst ab einer 10fach erhöhten Ausscheidung (200mg/Tag) im sauren Urin ausfällt. Andere seltene Konkremente bestehen aus – Protein, Quarz oder Calciumcarbonat (Kalzit). Das bei 55% aller Harnsteine gefundene Oxalat kann sowohl aus der Nahrung (vermehrte Absorption bei Malabsorption durch Bildung von Calciumsalzen von freien Fettsäuren) als auch aus dem Stoffwechsel (angeborene Stoffwechseldefekte) stammen. (Hallbach 2011: 363)

Anhand dieses Textes aus dem Lehrbuch können essentielle chemische Konzepte wie das Löslichkeitsprodukt, Kristallisation, pH-Wert, Stoffwechselprodukt usw. besprochen und vertieft werden. Die Analyse von Harnsteinen mittels Löslichkeitsversuchen eignet sich wiederum für eine qualitative als auch quantitative experimentelle Umsetzung durch analoge Versuche im Labor.

3.3. pH-Wert Untersuchung

Die folgenden Ausführungen zum pH-Wert von Urin entstammen wiederum dem Lehrbuch *Klinische Chemie und Hämatologie: Biomedizinische Analytik für MTLA und Studium*, welches für die Umsetzung der Thematik in der Schule geeignet erscheint.

Der pH-Wert von frischem Urin von Gesunden schwankt zwischen 5 und 7 (Extremwerte 4,8 -7,5). Der pH-Wert von Urin ist von verschiedenen Faktoren abhängig. Diese Faktoren zu besprechen und zu analysieren erscheint mir in der Schule als ein wichtiger Lerninhalt, weil es die Transferkompetenz der Schülerinnen und Schüler stärken kann. Es ist wichtig, dass die Schülerinnen die biochemischen Prozesse im Körper mit der eigenen Ernährung in Zusammenhang setzen können. Es geht um das Verständnis und die Erkenntnis, welche Auswirkungen die Ernährung auf unseren Körper hat bzw. haben kann.

Dass bei gemüsericher Kost (z.B. Veganerinnen und Veganer sowie Vegetarierinnen und Vegetarier) der Urin eher im neutralen bzw. basischen Bereich liegt, ist für viele Schülerinnen und Schüler meiner Erfahrung nach eine prägende Erkenntnis. Die Bearbeitung dieser Thematik ist aus mehreren Gründen wichtig. Einerseits bietet es für die Schülerinnen die Möglichkeit, das eher abstrakte Konzept eines pH-Wertes mit so nahen Dingen wie dem eigene Körper und der eigenen Ernährung zu verknüpfen. Andererseits können theoretisch und praktisch erworbene Kompetenzen zur Thematik pH-Wert noch weiter vertieft werden. Ein pH-Wert im basischen Bereich kann auf eine Harnwegsinfektion mit Harnstoff spaltenden Bakterien hinweisen. Längere Lagerzeiten des Urins können auch zu höheren pH-Werten führen.

Bei der renal tubulären Azidose besteht eine entgegengesetzte pH-Abweichung im Blut und Urin, der durch gesteigerte Bicarbonatausscheidung neutral bis alkalisch reagiert. Darüber hinaus sollte die Urin-pH-Messung bei der Beurteilung des Protein-Testfeldes berücksichtigt werden. (Hallbach 2011: 359)

Die Verknüpfung von pH-Messwerten als möglichen Hinweis für Erkrankungen ist eine weitere Transferkompetenz. Das Verständnis für verschiedene pH-Werte im Körper und deren Zusammenhänge sind weitere Möglichkeiten der Vertiefung. Auf die Bedeutung des pH-Wertes im Blut wird im nächsten Kapitel näher eingegangen. Das Kennenlernen von wissenschaftlichen Fachausdrücken und deren richtige Einordnung ist eine weitere wichtige Kompetenz.



Abb. 2: Urinanalyse mittels pH-Meter²

Das pH-Feld von handelsüblichen Urineststreifen enthält ein Indikatorenmisch (z.B. Methylrot und Bromthymolblau). Werte unter pH 5 können mit diesen Urineststreifen nicht festgestellt werden. Die meisten Schülerinnen und Schüler der Oberstufe sollten mit der Bestimmung von pH-Werten mittels Indikatoren schon zumindest ein wenig vertraut sein. Zumeist sind pH-Papier und einfache

² Das Foto stammt aus dem Protokoll für Schulexperimente III an der KF-Uni Graz von Maximilian Klinger und Markus Pilz.

Indikatoren im Unterricht bereits besprochen worden. Bei Störungen im Säure-Base-Haushalt kann der pH-Wert entweder mit speziellem Indikatorpapier oder pH-Elektroden bestimmt werden (vgl. Hallbach 2011: 359f). Hier eignet sich die Thematik sowohl für einen Einstieg in den Themenbereich als auch für eine Vertiefung. Wurden der pH-Wert und die dazugehörigen Konzentrationen bereits im Chemieunterricht ausführlich erläutert, sind mittels pH-Elektrode nicht nur semiquantitative, sondern auch quantitative Auswertungen möglich. Falls im Unterricht auch der Stoffwechsel und seine möglichen End- und Zwischenprodukte genauer besprochen wurden, kann auch die Herkunft der möglichen Säuren ausführlicher diskutiert werden. Auf diese Möglichkeit wird im Kapitel zum Wahlpflichtfach Chemie in der Humanmedizin expliziter eingegangen. Der pH-Wert liefert folgende Indikationen:

- Suchtest auf Harnwegsinfektionen
- Azidosen
- Alkalosen
- Lange Transport- und Lagerzeiten

Bei fleischhaltiger Ernährung, Abbau endogener Proteine, Hunger und hohem Fieber ist der Urin eher sauer. Für Schulfächer wie Gesundheitserziehung, für die die Auswirkungen von Ernährung zentraler Teil der Vermittlung sind, eignen sich diese pH-Wert Messungen von Urin besonders, weil hier auf mögliche kausale Zusammenhänge anschaulich hingewiesen werden kann.

3.4. Teststreifen Untersuchung

Dieses Unterkapitel möchte ich mit einer kurzen persönlichen Anekdote aus dem Unterricht einleiten: Ich bin Vegetarier, weshalb der pH-Wert meines Urins eher im neutralen bzw. basischen Bereich liegen sollte. Zumeist stimmte diese Einteilung der Literatur mit den gemessenen Ergebnissen überein. An einem speziellen Labortag zeigte der Urinteststreifen jedoch einen klar sauren pH-Wert. Bei der Arbeit mit Urin ist wegen des Risikos einer Übertragung von Krankheiten größte Vorsicht geboten. Ein paar Studierenden fiel der ebenfalls erhöhte Leukozytenwert auf.

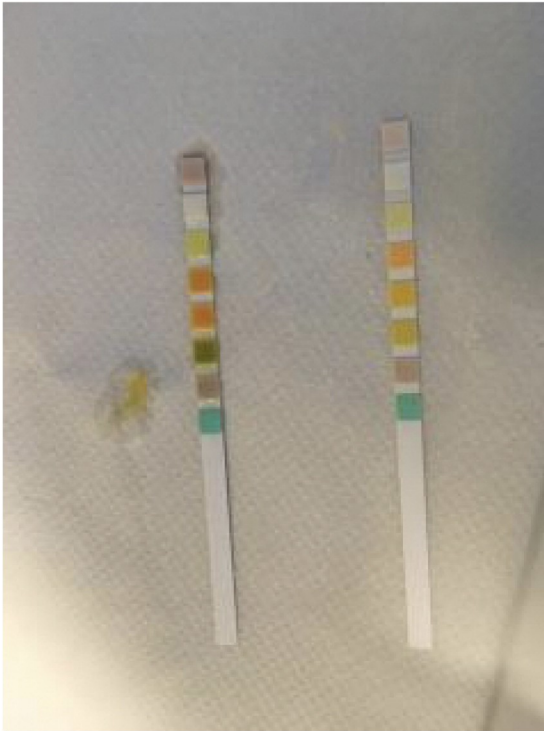


Abb. 3: Teststreifen³

Da die Studierenden wussten, dass der Urin von einem Vegetarier stammte, fiel der niedrige pH-Wert auf. Der Schluss, dass der niedrige pH-Wert mit den erhöhten Leukozyten in Zusammenhang stehen könnte, lag daher nahe. Ich hatte am Vortag eine Grippeimpfung gehabt und hatte eine klar erhöhte Körpertemperatur. Nun ging es in dem Versuch nicht darum, für mich eine Diagnose zu erstellen, aber die Vermutung anzustellen, dass es hier einen Zusammenhang geben könnte, war für die Studierenden interessant.

Hier liegt eine der Stärken der Klinischen Chemie für den Unterricht an Schulen. Solche Zusammenhänge zu verstehen oder zu vermuten, ist für die Schülerinnen interessant. Diese Stärke birgt aber zugleich auch die Gefahr, dass Schülerinnen und Schüler vorschnell zu dubiosen Selbstdiagnosen tendieren oder verleitet werden können.

Ziel dieser Arbeit ist es, das Verständnis für die chemischen Vorgänge im Körper zu vertiefen. Das Verständnis für medizinisch wissenschaftliche Fachdiagnosen soll geschaffen werden. Es sollen aber keine Diagnosen erstellt werden. Es ist

³ Das Foto stammt aus dem Protokoll für Schulexperimente III an der KF-Uni Graz von Maximilian Klinger und Markus Pilz.

deshalb ein behutsamer Umgang mit erhobenen Werten und deren Aussagekraft wichtig. Urinteststreifen sind in diesem Zusammenhang zwar einfach anwendbar und können problemlos viele Werte zur Analyse liefern, sie sind aber auch anfällig für etwaige Selbstdiagnosen.



Abb. 4: Urinteststreifen⁴

Die einfachen Farbvergleichstabellen zur Auswertung ermöglichen hilfreiche Ausgangspunkte für die Erarbeitung und Vertiefung von Lerninhalten.

Ketone eignen sich zur Bearbeitung und Analyse im Unterricht. Sie können im Zuge des Stoffwechsels besprochen werden. Es können Ketonwerte im Urin und im Blut einfach erhoben werden. Ketone sind aber auch Grundlagenstoff der organischen Chemie in der Oberstufe. Die Reaktionen und Nachweisreaktionen von Ketonen können im Laborunterricht besprochen und praktisch umgesetzt werden. Die Entstehung von Ketonen im Zuge des Fettstoffwechsels sollte im allgemeinen Chemieunterricht umrissen werden. Die β -Oxidation wurde aus

⁴ Das Foto stammt aus dem Protokoll für Schulexperimente III an der KF-Uni Graz von Maximilian Klinger und Markus Pilz.

diesem Grund im Wahlpflichtfach Chemie in der Humanmedizin genauer besprochen.

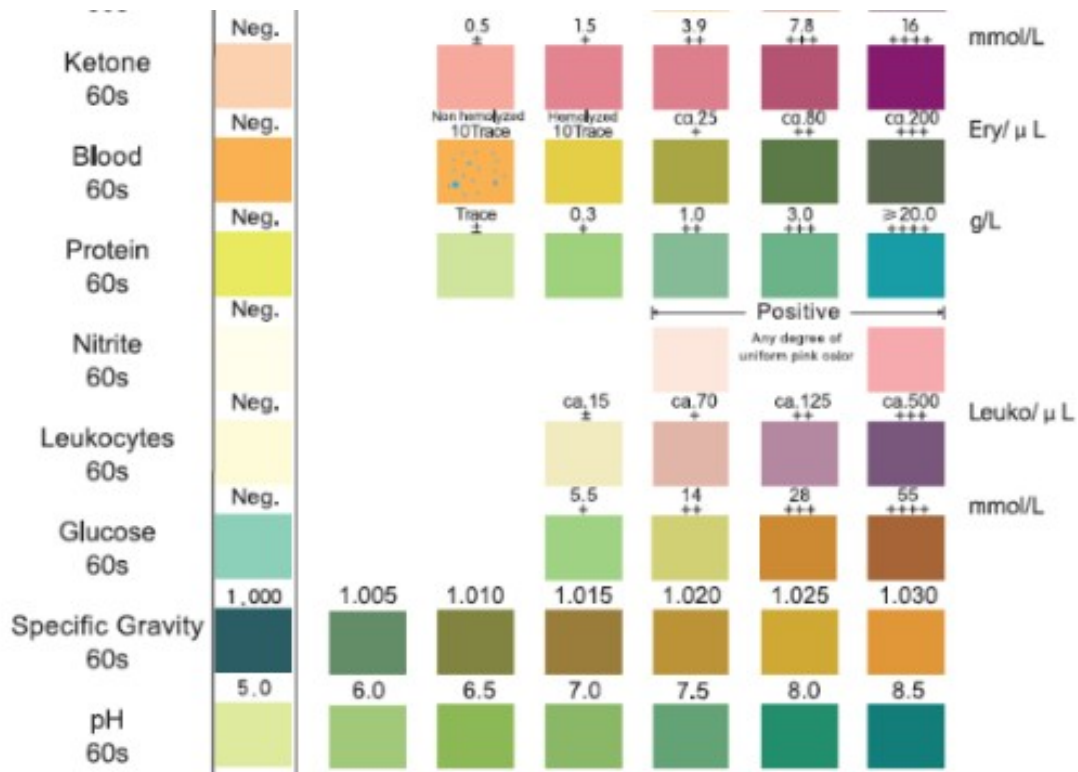


Abb. 5: Auswertungstabelle⁵

Die Ketonurie als mögliches Thema eignet sich in diesem Zusammenhang besonders. Anhand der erhöhten Anzahl an Ketonen kann nicht nur der zuvor erwähnte Fettstoffwechsel, sondern auch der Kohlenhydratstoffwechsel sowie Ursachen für Störungen besprochen werden. In diesem Kontext können weitere Aspekte der Gesundheit, wie eine vorübergehende Ketonurie bei einer Schwangerschaft, beim Fasten, bei einer Infektion, bei Verletzungen und Operationen und andere Stoffwechsel-Störungen besprochen werden. Sie kann auch ein Hinweis auf eine Diabetes mellitus sein, deren Bearbeitung für den Unterricht im nächsten Kapitel noch näher besprochenen wird.

Nitrit im Urin ist für mich ein weiteres für den Chemieunterricht interessantes Thema. Zum einen sind der Stickstoffkreislauf Kernstoff und zum anderen werden

⁵ Das Foto stammt aus dem Protokoll für Schulexperimente III an der KF-Uni Graz von Maximilian Klinger und Markus Pilz.

Nitrat- und Nitritnachweise im Zuge der allgemeinen Wasseranalytik, der qualitativen und quantitativen Analytik erarbeitet und praktisch umgesetzt. Die möglichen Synergieeffekte können vorteilhaft sein. Für das Selbstbild und die Selbstreflexion ist es wichtig, sich selbst als Teil eines größeren Kreislaufes zu sehen. Die Bedeutung von Stickstoff als Dünger, Bestandteil von Pflanzen, die Aufnahme und Verstoffwechslung im Körper eignen sich meiner Meinung nach speziell für diese Analyse. Es können die Harnsäure und der Harnstoff als Stoffwechselprodukte in diesem Zusammenhang besprochen werden. Die Bedeutung der Harnstoffsynthese durch Wöhler für das Welt- und Selbstbild des Menschen würde sich hier anbieten. Die klassische Einteilung in organische (belebte) und anorganische (unbelebte) Materie sollte anhand dieser Synthese eingehend erörtert und dekonstruiert werden.

Die Leukozyten-, Glukose- und pH-Werte im Urin sind für die Bearbeitung im Unterricht ebenfalls geeignet. Auf mögliche Umsetzungen im Kapitel zum Blut wird noch genauer auf beispielhafte Versuchsanleitungen eingegangen.

3.5. Harnsäure

Die Harnsäure als Stoffinhalt eignet sich für den Unterricht. Einerseits können moderne Analysemethoden relativ einfach im Labor nachgestellt werden und andererseits sind die Inhalte und die Auswertung von Messwerten anhand von Fachliteratur und Zeitungsmeldungen gut umsetzbar. Im Folgenden werden beispielhaft einige mögliche Umsetzungen dargestellt.

In den meisten Schullaboren der Oberstufe ist ein Fotometer vorhanden. Anhand von Texten aus der medizinischen Fachliteratur und mittels selbst durchgeführten Experimenten wird hier auf die Umsetzungen und Anwendung dieser Technik in der Schule eingegangen.

Messtechnik der Fotometrie

Die Absorption messen wir durch Vergleich der Intensitäten des einfallenden und des durchgelassenen (nicht absorbierten) Lichtes mithilfe von Fotometern, die grundsätzlich aus folgenden Bauteilen aufgebaut sind:

- Lichtquelle
- Kollektor
- Filter oder Monochromator

- Blende
- Küvette mit Analysenlösung
- Strahlungsempfänger (Fotodiode, Fotomultiplier)
- Elektronik und Messanzeige (Hallbach 2011: 49)

Zuerst sollte mit den Schülerinnen und Schülern anhand von Fachliteratur der Aufbau und die Funktionsweise von Fotometern besprochen werden.

Als Lichtquelle sind eine Wolframlampe (vis-Bereich) und eine Deuteriumlampe (UV-Bereich) eingebaut. Die Verspiegelung einer Prismenfläche bewirkt, dass die Strahlung das Prisma zweimal durchläuft. Die Veränderung der Wellenlänge der Messstrahlung wird durch Drehen des Prismas um eine zur Strahlung senkrechte Achse erreicht. Störungen z.B. durch Nebenlicht werden nach Zerhackung des Messstrahls durch eine gleichmäßig rotierende Blende (Chopper) elektronisch entfernt. Manuell oder mithilfe eines Probenwechslers wird das Messlicht nacheinander durch die Vergleichsküvette (Leerwertansatz) und die Messküvette (Probenansatz) geleitet. Die Vergleichsküvette dient zum Abgleich (Nullpunkt), wobei als Vergleichslösung z.B. destilliertes Wasser verwendet wird. (Hallbach 2011: 49)

Anschließend wurde anhand der Unterlagen zur Fotometrie⁶ von Lang Richard mit den Schülerinnen und Schülern Versuche zur Konzentrationsbestimmung von Cobaltnitrat durchgeführt. Die Bestimmung der Konzentration von Cobaltnitrat ist deshalb besonders für diese Einführung in die Analyseverfahren geeignet, weil die stark rote Färbung der Salzlösung mit freiem Auge schon Unterschiede in der Konzentration erkennen lässt. Dieser Umstand erleichtert es den Schülerinnen und Schülern das abstrakte Konzept der Fotometrie zu verstehen. Sind die Schülerinnen und Schüler mit der Art der Analyse vertraut, dann kann man sich der Untersuchung von Harnsäure mittels Fachliteratur und Experimenten nähern. Zuerst wird hier auf die Fachliteratur eingegangen und anschließend auf Versuchsmöglichkeiten.

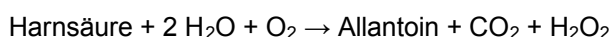
Direkte Absorptionsfotometrie

Substanzen, die selbst entweder farbig sind oder im UV-Bereich eine deutliche Absorption zeigen, können durch direkte Fotometrie bestimmt werden. Beispiele für farbige Substanzen, die im sichtbaren Bereich absorbieren, sind das Bilirubin oder Cytochrom c, Harnsäure oder Barbiturate absorbieren im UV-Bereich. (Hallbach 2011: 52)

⁶ Siehe Anhang 1

Die Fotometrie von farbigen Substanzen sollte wie oben beschrieben bereits theoretisch besprochen und praktisch umgesetzt worden sein. Dieser Vorschritt ist nötig, weil es den Schülerinnen das Verständnis für die folgende Bestimmung im UV-Bereich erleichtert.

Konzentrationsbestimmung von Harnsäure zeigt eine starke Absorption im UV-Bereich mit einem Maximum bei 293 nm. Da Serum- oder Plasmaproben hierbei jedoch eine hohe Hintergrundabsorption zeigen, wird die Harnsäure bei der praktischen Anwendung dieses Verfahrens mit Uricase vollständig zu Allantoin, CO₂ und H₂O₂ umgesetzt:



Gemessen wird die Absorptionsabnahme ΔA bei 293 nm; sie ist der ursprünglich vorhandenen Harnsäuremenge proportional. Da diese Absorptionsabnahme allerdings gegen eine hohe Hintergrundabsorption gemessen werden muss, werden andere Bestimmungsverfahren für die Harnsäure bevorzugt. (Hallbach 2011: 52)

Wir haben uns als Abrundung der Thematik im Wahlpflichtfach mit der Löslichkeit von Harnsäure praktisch und theoretisch beschäftigt. Wir haben mittels Fachliteratur und Zeitungsartikel versucht, die Thematik aus verschiedenen Blickwinkeln zu beleuchten. Als Einleitung haben die Schülerinnen einen theoretischen Teil zur Löslichkeit der Harnsäure bearbeitet.

Während die Endprodukte des Pyrimidinstoffwechsels, β -Alanin und β -Aminoisobutyrat, Aminosäuren sind und verstoffwechselt werden können, ist Harnsäure beim Menschen und den anderen Primaten das Endprodukt des Purinstoffwechsels (also auch des mit der Nahrung als Nukleinsäuren aufgenommenen Purins). Harnsäure entsteht durch schrittweise Oxidation der Purinbasen Hypoxanthin und Xanthin mit molekularem Sauerstoff unter der Wirkung von Xanthinoxidase. Harnsäure und Mononatriumurat sind schwer löslich. Bei Stoffwechselstörungen kann diese geringe Löslichkeit zu Ablagerungen (Gicht, Nierensteine) führen. Interessant ist unter diesem Gesichtspunkt die pH-Abhängigkeit der Harnsäurelöslichkeit. Bei Vermeidung von Fleischkost und Verwendung von Pflanzen-, sog. Basenkost, wird weniger Harnsäure gebildet, und außerdem verschiebt sich der pH-Wert des Urins nach rechts, es kann mehr Harnsäure ausgeschieden werden. (Uni Köln 2017)

Auch anhand dieses Beispiels wird der wichtige Zusammenhang zwischen Stoffwechsel und den messbaren Substanzen im Urin klar. Weshalb auch hier eine Vertiefung und Bearbeitung der jeweiligen Stoffwechselforgänge empfehlenswert ist. Haben die Schülerinnen den Zusammenhang zwischen der

Löslichkeit von Harnsäure und dem pH-Wert praktisch erfahren, kann theoretisch mittels Literaturtexten versucht werden, ihnen den Transfer zu den eigenen Ernährungsgewohnheiten zu vermitteln.

Die Harnsäure ist in Wasser (H_2O) fast unlöslich, in Na_2CO_3 -Lösung gering löslich als Mononatriumsalz, und in NaOH-Lösung gut löslich bei Erwärmen unter Bildung des Dinatriumsalzes.

Ausführung:

5 ml Lösung A, 5 ml Lösung B und 5 ml Lösung C werden in Reagenzgläser gegeben, mit einer Spatelspitze (wenig!) Harnsäure versetzt und die Löslichkeit bei Raumtemperatur und anschließend in der Wärme (37°C Wasserbad, Schutzbrille) beobachtet. Anhand der beobachteten Harnsäure- Löslichkeit können den Lösungen A,B,C die Lösungsmittel H_2O , Na_2CO_3 und NaOH zugeordnet werden. Anschließend wird der NaOH-Ansatz mit wenigen Tropfen HCl versetzt und die Harnsäure- Löslichkeit beobachtet. (Uni Köln 2017)

Diese einfache Versuchsanordnung demonstriert den Zusammenhang zwischen pH-Wert und der Löslichkeit der Harnsäure. Die gesammelten Erkenntnisse sollen dann mit den folgenden Texten in Bezug gesetzt werden.

Erhöhungen der Harnsäure. Gicht: Labordiagnostische Kennzeichen sind erhöhte Harnsäure, Leukozytenzahl und beschleunigte BSG. Klinisch stellt die Gicht eine autosomal vererbte und polygene akute Kristall-Synovitis dar, bei der meist eine gesteigerte Biosynthese und verminderte Exkretion der Harnsäure zugleich vorkommen. Das Risiko einer manifesten und sehr schmerzhaften Gichtattacke steht in enger Verbindung mit der Harnsäurekonzentration im Blutplasma. Purinzufuhr mit der Nahrung kann eine Gichtattacke auslösen. Uratsteine, die zwar auch ohne Gicht vorkommen können, finden sich gehäuft bei Gichtkranken. (Hallbach 2011: 216)

Der Text aus der Fachliteratur wurde im Unterricht mit einem Zeitungsartikel gemeinsam bearbeitet. Der Zeitungsartikel soll den Schülerinnen und Schülern helfen, die Verbindung zur Ernährung leichter zu erfassen. Die Fachliteratur bietet die Auseinandersetzung mit Fachartikeln und medizinischen Zusammenhängen. Hier nun ein kurzer Auszug aus dem Artikel, um das zuvor Besprochene zu verdeutlichen:

Wir essen zu viel Fleisch, zu viel Süßes, trinken zu viel Alkohol. All dies trägt dazu bei, dass der Harnsäurespiegel im Blut ansteigt. Gesunden macht das wenig aus, die Niere bringt den Wert wieder auf Normalniveau. Zwischen zwei und vier Prozent der Westeuropäer haben einen krankhaft erhöhten Harnsäurespiegel. Das heißt: Die Niere

scheidet zu wenig Harnsäure über den Urin aus. Es bilden sich Kristalle, die auf Dauer Gelenke und Niere schädigen. "Gicht ist eine Erkrankung, die häufig familiär auftritt", sagt Judith Sautner, Oberärztin am Landeskrankenhaus Wien/Stockerau und Leiterin des Arbeitskreises Osteoarthritis und Kristallarthropathien der Österreichischen Gesellschaft für Rheumatologie und Rehabilitation. Ihr erster Rat an Patienten mit erhöhtem Harnsäurespiegel im Blut ist eine Ernährungsumstellung. Das Ziel dabei ist, zu viele Purine in der Nahrung zu vermeiden, denn sie werden beim Abbau im Körper zu Harnsäure umgewandelt. Fisch ist purinreich, sollte aber nicht ganz von der Speisekarte verschwinden, weil seine Omega-3-Fettsäuren einen günstigen Effekt zur Vorbeugung von Herz-Kreislauf-Erkrankungen haben. (Grote 2017)

Ziel dieser Arbeit und dieses Kapitels ist es, zu einem besseren evidenzbasierten Selbstverständnis und gesünderen Lebensstil beizutragen. Die theoretischen Inhalte und praktischen Methoden der Klinischen Chemie können dazu beitragen. In diesem Teil der Arbeit wurde versucht, mittels Beispielen aufzuzeigen, was anhand der Analyse der Bestandteile möglich ist. Es wird dabei keineswegs ein Anspruch auf Vollständigkeit erhoben, noch soll es ein Lehrbuch sein. Es geht um die Überprüfung und Umsetzung der These, dass die medizinischen Wissenschaften im Unterricht wertvolle Beiträge zum Wissens- und Erkenntniserwerb leisten könnten, können oder sogar sollten.

4. Blut

Blut als Inhalt und Gegenstand der Analyse eignet sich für die Thematik dieser Arbeit. Es ist zwar wegen der gesetzlichen Vorschriften schwierig bis unmöglich, mit menschlichem Blut in der Schule zu arbeiten, dieser Umstand sollte aber nicht vor der Auseinandersetzung mit der Thematik abschrecken.

Blut übt seit Jahrhunderten eine Faszination auf Menschen aus. Es wird in religiösen Ritualen als Sinnbild verwendet, in der Literatur, Musik und im Film als Lebenselixier beschrieben (z.B. Vampirgenre). Es ist empfehlenswert, eine bereits bestehenden Faszination in der Vermittlung von Bildung zu nützen.

4.1. pH-Wert und Blutpuffer

Dieses Unterkapitel widmet sich einem klassischen chemischen Bereich, dem der Säure-Base-Reaktionen. Schülerinnen und Schüler der Oberstufe sollten ein solides Grundwissen über die Reaktionen von Säuren und Basen haben. Diese können in diesem Kontext angewandt und vertieft werden. Weiters können wichtige Begriffe wie Homöostase erläutert und pseudowissenschaftliche Konzepte wie Basenpulver und Übersäuerung dekonstruiert werden. Das wird im Folgenden anhand von Textbeispielen und praktischen Versuchen dargelegt. Puffersysteme besitzen eine enorme physiologische Bedeutung, ein grundlegendes Verständnis über die Abläufe ist wichtig (vgl. Universität Wien 2017). Sowohl qualitative Analysen als auch eine genauere quantitative Betrachtung sind machbar und wurden im Rahmen des Wahlpflichtfach Chemie in der Humanmedizin umgesetzt. Auf die Grundlagen von Säure-Base-Reaktionen wird hier nicht näher eingegangen. Diese und ihre physiologische Bedeutung wären aber ein weiteres nützliches Feld zur Bearbeitung.

Die folgenden Beispiele orientieren sich an dem Skript für das chemische Praktikum für Medizinerinnen und Mediziner des interfakultären Institutes für Biochemie der Universität Tübingen (vgl. Kalbacher et al. 2017), den chemischen Schulversuchen aus Allgemeiner und Anorganischer Chemie der Fachdidaktik der Universität Wien und den Unterlagen des Gymnasiums Köniz für die

Sekundarstufe II. Diese drei Texte stellen einen Fachdidaktik-Bezug her und ihre potentielle Vermittlung soll verglichen werden:

Pufferlösungen haben die Eigenschaft, dass sich ihr pH-Wert bei Zugabe einer – nicht allzu großen Menge – Säure oder Base praktisch nicht verändert.

Setzt man zu reinem Wasser 0,01 mol/L HCl-Lösung zu, so ändert sich der pH-Wert dramatisch von 7 auf 2 – also um 5 Größenordnungen. Anders verhalten sich Lösungen, die sowohl eine schwache Säure, als auch ihre konjugierte Base enthalten, ein wichtiges Beispiel dafür ist der Essigsäure-Acetat-Puffer. Setzt man nun zu einer Lösung aus 1 M Essigsäure und 1 M Natriumacetat wiederum 0,01 mol/L HCl-Lösung zu, so verringert sich der pH-Wert lediglich um 0,009 Einheiten. Setzt man zur Pufferlösung H^+ -Ionen zu, so reagieren sie mit dem Acetat zur Essigsäure, setzt man OH^- -Ionen zu, reagieren sie mit der Essigsäure unter Bildung von Acetat, und der pH-Wert bleibt in beiden Fällen praktisch konstant. Für Pufferlösungen, die aus äquimolaren Mengen der beiden Komponenten bestehen gilt, dass ihr pH-Wert gleich dem pKS-Wert der Säure ist, der Acetatpuffer ist also im sauren Bereich anwendbar (pH = 4,7).

Will man im neutralen Bereich puffern, kann man z.B. den Phosphatpuffer einsetzen (pH = 7,2), der aus Hydrogenphosphat und Dihydrogenphosphat besteht. Das physiologisch wichtigste Beispiel für einen Puffer ist das Blut, wo eine Vielzahl an Enzymen nur in einem bestimmten pH-Bereich wirken kann. Das Blut des Menschen ist auf pH = 7,35 bis 7,42 gepuffert. Im Meerwasser besteht ein Carbonat/Hydrogencarbonat-Puffer. (Universität Wien 2017)

Dieser Text von der Fachdidaktik Universität Wien bietet eine Einleitung in die Thematik. Er erläutert die Wirkung von Puffersystemen und ermöglicht eine Überleitung zu einer Vertiefung der Thematik in Richtung Entstehung des Lebens im Wasser und die Auswirkungen auf unsere Physiologie. Dieser Umstand ist für die Selbstreflexion der Schülerinnen und Schüler wichtig.

Im menschlichen Säure-Base-Haushalt müssen sich Zufuhr/Produktion und Ausscheidung/Abbau der drei Teilchen H^+ , CO_2 und HCO_3^- gegenseitig kompensieren. Der Transport zum Ausscheidungsort Niere oder Lunge erfolgt über das Blut. Dieses ist sehr empfindlich auf pH-Schwankungen. Bei arteriellem Kapillarblut spricht man nur im pH-Bereich von 7.38 bis 7.42 von normalen pH-Werten. Alles andere ist krankhaft und muss behandelt werden, denn bereits Werte unter 7.0 oder über 7.8 sind nach relativ kurzer Zeit tödlich (drastische Störungen des Stoffwechsels der Membrandurchlässigkeiten und des Elektrolythaushalts). Das Blut muss deshalb durch Pufferung sehr gut geschützt werden.

Dabei spielt neben $\text{H}_2\text{PO}_4^- / \text{HPO}_4^{2-}$ und der Aminosäure Histidin (im Plasma und hauptsächlich im Hämoglobin) vor allem das System: $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{CO}_3 \rightleftharpoons \text{HCO}_3^- + \text{H}^+$ eine wichtige Rolle. (Walther 2017)

Dieser Text geht auf die physiologische Bedeutung der Blutpuffer ein. Anhand des Textes lassen sich die Bedeutung des Begriffes Homöostase verdeutlichen und pseudowissenschaftliche Konzepte wie Übersäuerung dekonstruieren. Der Vermittlung der Bicarbonatpuffer kommt hier eine zentrale Rolle zu:

Liegt der pH-Wert unterhalb 7.38 spricht man von einer Acidose, oberhalb 7.42 von einer Alkalose. Ist die Störung durch Veränderung des pCO_2 - Werts bedingt, z.B. bei Atmungsstörungen, so spricht man von einer respiratorischen Störung. Ist der $[\text{HCO}_3^-]$ -Wert gestört (stoffwechselbedingt oder durch eine Nierenfunktionsstörung), so spricht man von einer metabolischen Störung. In beiden Fällen kann der Körper durch Anpassung der nicht primär gestörten Größe die pH-Veränderung kurzfristig zu kompensieren versuchen. Diese Kompensation soll hier kurz am Beispiel einer metabolischen Acidose erklärt werden. Wird z.B. zu viel Milchsäure produziert, so werden die H^+ -Ionen durch die Pufferbase HCO_3^- abgepuffert. Dabei sinkt die Konzentration der Pufferbase während jene der Puffersäure H_2CO_3 im venösen Blut steigt. In der Lunge stellt sich dann wieder ein konstanter pCO_2 und damit eine konstante, normale H_2CO_3 -Konzentration im arteriellen Blut ein; die HCO_3^- -Konzentration ist aber nach wie vor zu tief und damit der pH ebenfalls. Der erniedrigte pH-Wert führt zu einer Erhöhung des Atemzeitvolumens. Dabei wird durch Hyperventilation mehr CO_2 ausgeatmet. Dadurch sinkt auch die Konzentration der Puffersäure H_2CO_3 , so dass sich das Verhältnis PB/PS und damit der pH-Wert wieder der Norm nähern. Beide Werte sind zwar zu hoch, aber der pH - als die empfindlichste Größe im System - ist (nahezu) normal. Man spricht von einer respiratorischen Kompensationen der metabolischen Acidose. Gelingt die Kompensation nicht oder nur unvollständig oder verschwindet die primäre Störung nach einer gewissen Zeit nicht von selber, muss medikamentös eingegriffen werden. (Walther 2017)

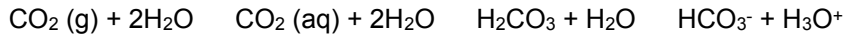
Wichtig ist die Verknüpfung von der Atmung, dem Blutpuffer und dem Stoffwechsel. Es werden die Fachbegriffe Acidose und Alkalose eingeführt. Den Schülerinnen und Schüler soll durch diesen Text ermöglicht werden, das komplexe Zusammenspiel der einzelnen Faktoren besser zu verstehen. Hier eine Darstellung der praktischen Umsetzung:

Vorgehen

a) 2.5g NaHCO_3 werden im kleinen Becherglas in 100ml demin. Wasser (Messzylinder) gelöst. Es soll mit dem Magnetrührer langsam, aber regelmässig gerührt werden. pH-Wert? Reaktionsgleichung? Ist HCO_3^- Säure oder Base?

b) Nun wird der Simulationsblutpuffer durch Zufügen 0.1mol/L HCl-Lösung hergestellt. Dazu werden zuerst 18mL HCl (aq) aus dem Messzylinder zugegeben. Danach wird solange HCl (aq) aus der Pasteurpipette zugetropft, bis der pH-Wert 7.40 beträgt. Reaktionsgleichung: $\text{HCl} + \text{HCO}_3^- \quad ?$

Das CO_2 / Kohlensäure / Hydrogencarbonat-System bildet das Puffersystem:



c) Metabolische Acidose, d.h. körpereigene Säureüberproduktion (wie z.B. bei Diabetes), kann durch Zugabe von 10ml 0.85% Milchsäure (=HM; Abk.!) simuliert werden. pH nach ca. 1min.? Reaktionsgleichung?

d) Der Körper versucht, diese metabolische Acidose respiratorisch zu kompensieren. Durch den tieferen pH- Wert wird die Atmung stimuliert, was zu einer erhöhten Ausatmung von CO_2 führt. Dadurch steigt der pH wieder etwas an (=Kompensation). Dies kann durch heftiges Rühren simuliert werden. pH nach ca. 1min.? Erklärung mit Gleichgewichtsverschiebungen im Puffersystem und der Puffergleichung.

e) Falls die Kompensation nicht ausreicht, muss intravenös eine genau berechnete Menge NaHCO_3 -Lösung verabreicht werden. Dies wird durch Zugabe von 1-2 Spatel $\text{NaHCO}_3 (\text{s})$ simuliert. pH nach ca. 1min.? Erklärung mit der Puffergleichung.

f) Metabolische Alkalose wird durch Zugabe von 2 weiteren Spateln $\text{NaHCO}_3 (\text{s})$ simuliert. pH nach ca. 1min.? Auch in der medizinischen Praxis erfolgt häufig eine solche Überdosierung. Der Körper kompensiert dies normalerweise durch eine durch den pH-Anstieg verursachte verminderte CO_2 - Ausatmung. Diese respiratorische Kompensation kann durch Atmen in einen Papiersack verstärkt werden. Warum?

g) Falls die Kompensation nicht ausreicht, muss intravenös eine genau berechnete Menge NH_4Cl -Lösung - stärkere Säuren würden die Venen verletzen - verabreicht werden. Dies wird durch Zugabe von 3-5 Spatel $\text{NH}_4\text{Cl} (\text{s})$ simuliert. pH nach ca. 1min.? Reaktionsgleichung? Erklärung?

Und wenn Sie nicht gestorben sind, dann sollten Sie jetzt wieder gesund sein! (Walther 2017)

Die enorme Menge an Wissen zu dieser Thematik lässt sich in der kurzen Schulzeit kaum sinnvoll vermitteln. Es gibt in der Wissenschaft die Tendenz zur selektiven Expertise. Die Schülerinnen und Schüler können das erlernte Wissen nur schwer als für ihr Leben relevant begreifen. Die Verknüpfung von Wissen aus den Gebieten der Chemie, Medizin und Biologie findet hier in einer anschaulichen und für Schülerinnen und Schüler nachvollziehbaren Weise statt. Anhand der chemischen Grundlagen werden die Reaktionen des Körpers auf die Veränderung des pH-Wertes erörtert und dann die medizinischen Eingriffsmöglichkeiten erläutert. Es gibt in der Medizin die Tendenz, im Umgang mit Patientinnen und Patienten auf einen *informed consent* zu setzen.

Es ist wichtig, dass Menschen verstehen, was mit ihrem Körper geschieht. Die zuvor dargestellten Inhalte sind weder einfach noch komplex und können mit Schülerinnen und Schülern einer Oberstufe, die einen naturwissenschaftlichen Zweig und eventuell noch ein entsprechendes Wahlpflichtfach besuchen, so behandelt werden, dass sie nachvollziehen können, warum welche Behandlung gewählt wird. Für einen *informed consent* ist es nicht immer nötig, alle Teile der Behandlung bis ins Letzte zu verstehen. Es bleibt dennoch die zunehmende Diskrepanz zwischen dem verfügbaren Wissen und den tatsächlich vermittelten Inhalten. Dazu kommt noch, dass für das Verstehen von vielen Themen die Verknüpfung der unterschiedlichen Disziplinen nötig wäre. Diese Verknüpfung ist mit dem momentanen Aufbau der Curricula in der Schule und an den Universitäten nicht einfach zu bewerkstelligen. Eine Lösung für dieses Problem wäre es, die Ausbildungszeit der Menschen der gestiegenen Lebenserwartung anzupassen. Mit dieser Arbeit und den präsentierten Unterrichtsmethoden soll diese Diskrepanz ein wenig verringert bzw. Brücken geschlagen werden.

Puffer in biologischen Systemen

Der pH-Wert des Blutplasmas und der Extrazellulärflüssigkeit beträgt 7,4. Dieser pH-Wert wird unter Normalbedingungen bis auf weniger als $\pm 0,1$ pH genau aufrecht erhalten und zwar durch Puffersysteme, im Blutplasma und der Extrazellulärflüssigkeit hauptsächlich durch das Hydrogencarbonat, Proteine und Phosphat, in den Erythrocyten vorwiegend durch das Hämoglobin. Das wichtigste davon ist das Hydrogencarbonat/Kohlensäure-Puffersystem. Kohlensäure ist eine zweiprotonige, schwache Säure, die sich durch das Lösen von CO_2 in H_2O bildet: $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{CO}_3$

Sie dissoziiert im ersten Schritt mit Wasser zu Hydrogencarbonat:



Der pK-Wert für diese Dissoziation liegt – wenn man die gesamte Reaktion vom CO_2 zum Hydrogencarbonat berücksichtigt – für 37°C bei 6,1. Daraus errechnet sich für das Verhältnis von HCO_3^- zu H_2CO_3 für einen pH-Wert von 7,4 nach der Henderson-Hasselbalch-Gleichung ein Wert von 20:1. Das Puffersystem wirkt also bevorzugt gegen H_3O^+ -Ionen und hat eine schlechte Kapazität gegenüber OH^- -Ionen. Die Besonderheit des Bicarbonat- CO_2 -Puffersystems liegt darin, dass die Puffersäure über CO_2 mit der Umgebung ausgetauscht werden kann. Fallen im Stoffwechsel vermehrt H^+ -Ionen an, bewirkt dies eine vermehrte Bildung von CO_2 , das dann durch verstärkte Atmung an die Umgebung abgegeben wird. Fällt mehr OH^- an, so muss – damit das Verhältnis von Bicarbonat und CO_2 konstant bleibt – mehr CO_2 im Blut verbleiben, die Atmung wird also verlangsamt.

Allein durch den Austausch von CO_2 mit der Umgebung – also die Atmung – ist die Konstanz des Blut-pH-Wertes auch bei ständiger Belastung des Puffersystems

gewährleistet. Ein offenes Puffersystem hat also im Vergleich zu einem geschlossenen Puffersystem eine größere bzw. unendlich große Pufferkapazität. (Kalbacher et al. 2017)

Dieser Text vermittelt den Schülerinnen und Schülern die Bedeutung des Puffersystems für ihren eigenen Körper und soll zur Wiederholung des zuvor Erarbeiteten dienen. Zum besseren Verständnis muss auch der Unterschied zwischen offenen und geschlossenen Systemen diskutiert werden. Offene Systeme haben den Vorteil, dass sie auf Umwelteinflüsse reagieren können und damit dem Lebewesen mehr Anpassungsfähigkeit geben.

Im folgenden Teil dieses Abschnitts wird der Bogen vom pH-Wert im Blut zum pH-Wert des Meeres gespannt. Ziel ist, dass die Schülerinnen und Schüler sich als einen Teil eines größeren biologischen Systems begreifen. Der Zusammenhang besteht darin, dass die Homo sapiens als heterotrophes Lebewesen für ihr Überleben und den Erhalt ihrer Gesundheit von anderen Lebewesen abhängig sind.

Mit Versuchen zu Löslichkeit von CO_2 im Wasser ist die Bildung von Kohlensäure praktisch umsetzbar. Die Lösung von CO_2 im Wasser kann auch als Nachweis (sowohl qualitativ als auch quantitativ) für das Vorhandensein von CO_2 in der Atemluft verwendet werden. Ein schöner Vergleich der evolutionären Ähnlichkeit von Stoffwechselwegen kann hierbei durch Versuche mit Hefe und ihren Stoffwechselproduktionen gezogen werden. Die Auswirkung der durch gelösten CO_2 entstandenen Kohlensäure auf Kalk und kalkbildende Lebewesen zeigt, welchen Einfluss menschliches Verhalten auf die für ihn lebenswichtige Umwelt hat. Die Thematik kann durch folgende Texte noch weiter theoretisch vertieft werden.

bmbf.de: Herr Riebesell, das Meer schmeckt immer noch salzig, nie sauer. Was bedeutet also Ozeanversauerung?

Ulf Riebesell: Das Meer wird auch immer salzig schmecken, daran ändert sich gar nichts. Es wird auch nie sauer sein, sondern nur allmählich versauern. Das kommt daher, weil der Ozean CO_2 aufnimmt. Das Kohlendioxid reagiert dann mit dem Meerwasser zu Kohlensäure und macht das Wasser allmählich saurer. Der Ozean behält aber weiterhin einen pH-Wert von über 7, den wir als alkalisch bezeichnen.

Welchen pH-Wert hat der Ozean genau?

Im Moment hat er einen mittleren pH-Wert im Bereich der Oberfläche von 8,1. Wenn die Ozeanversauerung weiter geht wie bisher, werden wir Ende des Jahrhunderts möglicherweise einen pH-Wert von 7,8 haben. In der vorindustriellen Zeit hatte das Meer etwa einen pH-Wert von 8,25. Gesunken ist der Wert also nur um etwa 0,15 pH-Einheiten. Das klingt nicht nach sehr großen Änderungen. Doch die pH-Skala ist logarithmisch, wir sprechen also von einem um 30 Prozent höheren Säuregehalt als zur vorindustriellen Zeit.

Sie haben untersucht, wie sich die Ozeanversauerung auf Lebewesen im Meer auswirkt. Welche Tiere und Pflanzen leiden unter der Ozeanversauerung und welche profitieren davon?

In allen großen Gruppen der Meeresorganismen wird es sowohl Verlierer als auch Gewinner geben. Zu den Verlierern gehören eindeutig die kalkbildenden Organismen wie Korallen, Muscheln, Schnecken, Stachelhäuter, aber auch viele Kleinstlebewesen im Plankton, weil die Kalkbildung im saureren Ozean schwieriger wird. Auch bei den Fischen haben wir negative Effekte beobachtet, besonders die Jugendstadien leiden unter der Ozeanversauerung. Gewinner der Ozeanversauerung sind aber vor allem jene, die Photosynthese betreiben. Auch Blaualgen werden von den erhöhten CO₂-Konzentrationen profitieren, weshalb die Gefahr besteht, dass wir in Zukunft noch mehr dieser toxischen Blaualgenblüten in der Ostsee haben werden. (Bundesministerium für Bildung und Forschung 2017)

Ein weiterer Textauszug, der den Zusammenhang des enormen und rapiden Anstiegs von CO₂ in unserer Atmosphäre im Zuge der Verbrennung von fossilen Rohstoffe auf das biologische System Erde vermittelt, ist folgender Artikel, der von 15,364 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern aus 184 Ländern unterschrieben wurde:

The authors of the 1992 declaration feared that humanity was pushing Earth's ecosystems beyond their capacities to support the web of life. They described how we are fast approaching many of the limits of what the biosphere can tolerate without substantial and irreversible harm. The scientists pleaded that we stabilize the human population, describing how our large numbers—swelled by another 2 billion people since 1992, a 35 percent increase—exert stresses on Earth that can overwhelm other efforts to realize a sustainable future (Crist et al. 2017). They implored that we cut greenhouse gas (GHG) emissions and phase out fossil fuels, reduce deforestation, and reverse the trend of collapsing biodiversity.

On the twenty-fifth anniversary of their call, we look back at their warning and evaluate the human response by exploring available time-series data. Since 1992, with the exception of stabilizing the stratospheric ozone layer, humanity has failed to make sufficient progress in generally solving these foreseen environmental challenges, and alarmingly, most of them

are getting far worse (figure 1, file S1). Especially troubling is the current trajectory of potentially catastrophic climate change due to rising GHGs from burning fossil fuels (Hansen et al. 2013), deforestation (Keenan et al. 2015), and agricultural production—particularly from farming ruminants for meat consumption (Ripple et al. 2014). Moreover, we have unleashed a mass extinction event, the sixth in roughly 540 million years, wherein many current life forms could be annihilated or at least committed to extinction by the end of this century. [...]

To prevent widespread misery and catastrophic biodiversity loss, humanity must practice a more environmentally sustainable alternative to business as usual. This prescription was well articulated by the world's leading scientists 25 years ago, but in most respects, we have not heeded their warning. Soon it will be too late to shift course away from our failing trajectory, and time is running out. We must recognize, in our day- to-day lives and in our governing institutions, that Earth with all its life is our only home. (Ripple et al. 2017)

Ich teile die Befürchtungen und Prognosen der Autorinnen und Autoren. Einer der Hauptgründe, warum diese Arbeit ein wissenschaftliches und evidenzbasiertes Selbstbild für den Homo sapiens vermitteln helfen möchte ist, weil ich die These vertrete, dass, wenn wir uns als einen Teil dieser Welt begreifen, es möglich sein könnte, dass diese oder zumindest zukünftige Generationen verstehen, welche Auswirkungen unser Verhalten hat und sich dann auch dementsprechend verhalten. Es ist für mich ein wichtiges Ziel der Wissensvermittlung, dass die Schülerinnen und Schüler verstehen, dass die massiven Eingriffe in unser umgebendes biologisches System letztendlich auch mehr oder minder starke Einflüsse auf unsere Körper bzw. unsere Gesundheit haben oder haben können. Elisabeth Kolbert verdeutlicht, welche fatalen Auswirkungen unsere Handlungen auf andere Lebewesen haben, in ihren Buch *Das sechste Sterben. Wie der Mensch Naturgeschichte schreibt* (vgl. Kolbert 2015).

4.2. Blutzucker

Blutzucker als Inhalt von Klinisch-chemischen Untersuchungen ist aus mehrfacher Hinsicht für die Er- und Bearbeitung im Unterricht ergiebig. Konzepte wie die Homöostase, die bereits im Zuge des Blutpuffers erstmalig vermittelt wurden, können im Zuge der Beschäftigung mit Blutzucker wiederholt, gefestigt und vertieft werden. Die Diabetes als eine der häufigsten Krankheiten in den entwickelten Ländern sollte in diesem Zusammenhang besprochen werden. Wissen, das im Zuge der Untersuchungen von Glucose im Urin bereits erarbeitet wurde, wird hier

wieder aufgegriffen und den Schülerinnen und Schülern Verknüpfungen deutlich gemacht.

Eine wichtige Grundlage für das Verständnis der Messungen von Blutzuckerwerten und deren Bedeutung ist der Glucosestoffwechsel. Die Eigenschaften und der Aufbau des Glucosemoleküls sollten aus dem Chemie- und Biologie Unterricht bekannt sein. Sie können aber für das Verständnis von Nachweisreaktionen wiederholt und gefestigt werden. Folgende zentrale Inhalte des Glucosestoffwechsels sollten vermittelt werden:

- Die Energiegewinnung über die Glykolyse und den aeroben Abbau im Zitronensäurezyklus.
- Der anaerobe Abbau durch die Glykolyse
- Die Möglichkeit der Umwandlung der Monosaccharide Glucose, Fructose, Galactose usw. im Körper
- Physiologische Bedeutung der Lactatazidose
- Das Pyruvat-Lactat Gleichgewicht
- Die Liponeogenese bei Glucoseüberangebot
- Die Lipolyse und die Umwandlung in Glucose
- Glykogen als polymere Speichersubstanz (vgl. Hallbach 2011: 171)

Um das Verständnis dieser Stoffwechselfvorgänge praktisch zu bearbeiten, eignen sich folgende einfache chemische Versuche:

- Die Fehling-Probe als Aldehydnachweis
- Die Tollens-Probe als Aldehydnachweis
- Der Stärkenachweis mittels Iod-Probe
- Die Kohlenhydratverkohlung mittels Schwefelsäure
- Die Fettverseifung bzw. Propan-1,2,3-triol Abspaltung mittels NaOH
- Der Nachweis von organischen Säuren mittels Indikatoren
- Die Wasserlöslichkeit von lang- und kurzkettigen Kohlenhydraten
- Viskositäts-Proben von Glucoselösungen

Diese Versuche werden in dieser Arbeit nicht näher erläutert, weil sie zwar relevante chemische Versuche für diese Inhalte sind, aber nicht im Fokus der Klinisch-chemischen Ausrichtung dieser Arbeit stehen.

Der erste klinische Versuch, der sich für die Erarbeitung dieser Thematik eignet, ist der orale Glucosetoleranztest (oGTT). Ich habe diesen im Wahlpflichtfach Chemie in der Humanmedizin mittels Abbott FreeStyle Precision Neo Glucometer an mir selbst demonstriert. Solche Selbsttests sind ohne Zustimmung der Erziehungsberechtigten und ohne ärztliche Kontrolle in keinem Fall an Schülerinnen und Schülern zulässig. Wie bereits erwähnt ist im Umgang mit Blut immer ein hoher Grad an Vorsicht geboten. Es ist auch bei Zustimmung nicht empfehlenswert, diese zu machen. Eine sinnvolle Bearbeitung ist auch ohne praktische Umsetzung möglich. Da diese Selbsttests leicht zugänglich sind, sollten folgende Hinweise besprochen werden:

Teststreifen für die Bestimmung im Blut oder Harn sind geeignet für orientierende Untersuchungen durch den Patienten selbst bzw. den Arzt in der Praxis. In der Klinik sind quantitative Untersuchungen mit begleitender Qualitätskontrolle für die Diagnostik erforderlich. (Hallbach 2011: 180)

Sind die theoretischen Grundlagen dieser Untersuchungsmethode hinreichend geklärt, kann mit oder ohne experimenteller Umsetzung anhand der Literatur der orale Glucosetoleranztest besprochen werden.

Der orale Glucosetoleranztest (oGTT) ist ein Funktionstest. Die Insulinausschüttung wird durch eine definierte Glucosebelastung provoziert und die Blutglucose nach zwei Stunden im Vergleich zur Nüchternblutglucose bestimmt. In den Test gehen auch Faktoren wie Magenentleerung, Resorptionsvermögen und Leberfunktion ein, die für die normale Glucoseverwertung mitentscheidend sind. Durch die Glucoseaufnahme und den Anstieg der Blutglucose wird eine vermehrte Ausschüttung von Insulin bewirkt. Nach 30 Minuten erreicht die Insulinkonzentration ca. das 5fache der Ausgangskonzentration, nach einer Stunde den Maximalwert. Durchführung: Vor dem Test sollte der Patient bis zum Vorabend normal essen und möglichst alle Medikamente absetzen. Morgens wird die Nüchternblutglucose gemessen. Anschließend nimmt der Patient eine Trinklösung mit 75g leicht resorbierbarer Oligosaccharide zu sich, nach 2 Stunden wird die Blutglucose erneut gemessen. (Hallbach 2011: 180)

Der orale Glucosetoleranztest bietet folgende Themen, die im Zuge seiner Bearbeitung besprochen werden können:

- Die Regelmechanismen der Glucosekonzentration im Blut
- Diabetes mellitus Typ 1a
- Diabetes mellitus Typ 1b
- Latent Autoimmune Diabetes of the Adult
- Diabetes mellitus Typ 2
- Metabolisches Syndrom
- Schwangerschaftsdiabetes

Anhand der Regelmechanismen der Glucosekonzentration im Blut sollte das Prinzip der Homöostase erneut aufgegriffen und vertieft werden. Die verschiedenen Formen von Diabetes mellitus sollten genau besprochen werden und der Zusammenhang zwischen Genetik, Ernährung und Verhaltensgewohnheiten auf die Gesundheit und den Stoffwechsel analysiert werden.

Die Interpretation der entweder selbst gemessenen oder aus der Literatur entnommenen Werte ist eine gute Vertiefung der Thematik. Es soll die Relevanz von allgemeinen Grenzwerten für das Individuum diskutiert werden, z.B. der Themenkomplex Gendermedizin. Die Einordnung, Analyse (Störungen und Fehlmessungen) und Relevanz (Unterscheidung von Teststreifen-Untersuchungen und klinischer Diagnostik) der eigenen Werte ist der nächste essentielle Schritt. Die Auswertung und Reflexion der Werte ist eine wichtige Transfererkenntnis.

Ich möchte diese Festlegung anhand eines persönlichen Exkurses erläutern. Meine Frau (Vegetarierin, normalgewichtig und sportlich) hat ihren ersten oralen Glucosetoleranztest während ihrer ersten Schwangerschaft bei ihrem Frauenarzt gemacht. Der Test ergab das doch recht verwunderliche Ergebnis, dass ihr Blutzuckerwert vor dem oralen Glucosetoleranztest doppelt so hoch war wie eine Stunde nach der Einnahme der Glucoselösung. Der Frauenarzt hat daraufhin bei ihr eine Schwangerschaftsdiabetes diagnostiziert und meine sehr verunsicherte schwangere Gattin zur Diabetologin zur Einstellung einer Diät verwiesen. Meine

Frau hat sofort die möglichen Auswirkungen von Schwangerschaftsdiabetes auf das Kind gegoogelt und war ab diesem Zeitpunkt eindeutig hohem Stress ausgesetzt. Ich bin kein Arzt und schon gar kein Experte auf dem Feld der Blutzuckerdiagnostik, jedoch als Chemiker, der ein wenig über die Wasserlöslichkeit von Glucose und die Aufnahme von Glucose im Körper Bescheid weiß, kam mir dieses Messresultat zumindest ein wenig eigenartig vor. Nach langen Diskussionen konnte ich meine Frau überzeugen, den Test ein zweites Mal machen zu lassen. Für mich wenig überraschend ergab der zweite Test ein völlig anderes Ergebnis. Auch die anderen oralen Glucosetoleranztests während ihrer zweiten Schwangerschaft ergaben keinen Hinweis auf eine mögliche Schwangerschaftsdiabetes. Ich weiß bis heute nicht, wie es zu diesem überraschenden Testergebnis gekommen ist. Ich denke, dass dieses Beispiel gut verdeutlicht, wie wichtig die Einordnung, Analyse und Relevanzabwägung von Messwerten ist. Diese Einordnung und Analyse von Messwerten zum oralen Glucosetoleranztest wird anhand des nächsten Textes behandelt.

Zum Ausschluss bzw. zur Diagnose eines Gestationsdiabetes gelten abgewandelte Grenzen: Nüchtern-Plasmaglucoese <95mg/ dl, 60-Minutenwert <180mg/dl und 120-Minutenwert <155mg/dl. Für die Diagnose eines Gestationsdiabetes müssen mindestens zwei Werte pathologisch sein. Nach der Kindsgeburt (postpartal) normalisieren sich diese Werte meist wieder. Zum Screening auf einen Gestationsdiabetes kann dem oralen Glucosetoleranztest in der 24. - 28. Schwangerschaftswoche auch eine Blutglucosebestimmung 60 Minuten nach Gabe von 50g Glucose vorgeschaltet werden. Bei einem Glucosemesswert >140mg/ dl ist dann allerdings die weitere Abklärung mittels standardisiertem oralen Glucosetoleranztest erforderlich. Störungen des Glucosetoleranztests treten bei beschleunigter Resorption auf, z.B. bei Patienten mit Magenoperation Typ Billroth II, Enteritiden und Hypokaliämie. In diesen Fällen muss ein intravenöser Glucosetoleranztest durchgeführt werden, der eine etwas geringere Aussagefähigkeit besitzt. (Hallbach 2011: 180)

Im Sinne eines *informed consent* ist es nötig, dass die Schülerinnen und Schüler nicht nur lernen, ihre Werte in die vorgegeben Literaturwerte einzuordnen und die sich daraus ergebenden möglichen Implikationen zu verstehen, sondern auch erkennen, dass nicht alle Werte möglich oder gar sinnvoll sind. Eine hilfreiche Überprüfung wäre, den Schülerinnen und Schülern fiktive Blutzuckerwerte zur Analyse zu geben und zu testen, ob ihnen abweichende Werte, wie z.B. Werte, die über der Löslichkeit von Glucose $470 \text{ g}\cdot\text{l}^{-1}$ bei $20 \text{ }^{\circ}\text{C}$ liegen, auffallen.

4.3. Glucosebestimmung im Urin

Ein interessanter Ansatz, um die Schülerinnen und Schüler an die Thematik Blutzucker und Diabetes heranzuführen, ist der der historischen Genese der Diagnostik. Die Zuckerkrankheit wurde sehr früh durch den süßen Geschmack von Urin erkannt. Bereits im Kapitel zum Urin wurde auf mögliche experimentelle Umsetzungen im Unterricht hingewiesen. Mittels Geschmack von Urin kann sowohl ein erhöhter Glucosegehalt als auch ein niedriger pH-Wert erschmeckt werden. Der Fokus liegt hier auf den Zusammenhängen zwischen Blutzucker und Glucose im Urin. Zuerst sollte theoretisch der Zusammenhang besprochen werden.

Die glomerulär filtrierte Glucose wird in den proximalen Tubuli der Niere fast vollständig rückresorbiert. Die physiologische Glucosurie liegt meist unter 15mg/dl. Sie verhält sich proportional zur Blutglucose, sofern diese unter 180mg/dl liegt. Oberhalb dieser Nierenschwelle ist die Kapazität für die Rückresorption erschöpft und die Harnglucosekonzentration steigt rasch an. Die qualitative Glucosebestimmung im Spontanurin sollte nicht mehr als Diabetessuchtest eingesetzt werden, da sie diagnostisch deutlich weniger sensitiv ist als die Blutglucosebestimmung. Für die qualitative oder halbquantitative Bestimmung im Spontanurin werden fast ausschließlich Teststreifen eingesetzt, deren Nachweisgrenze so eingestellt ist, dass die physiologisch normale Glucoseausscheidung noch keine Reaktion hervorruft. Wegen der bekannten Störung durch Ascorbinsäure und sehr niedrigen Urin pH (<5) sollten Urinteststreifen verwendet werden, die Zusatzfelder für Ascorbinsäure und pH besitzen, damit falsch negative Ergebnisse erkannt werden können. Medizinisch ist die quantitative Bestimmung von Glucose im Harn i.A. nicht notwendig. (Hallbach 2011: 179)

Die Korrelation zwischen Blutglucose und Harnglucose ist einer der ersten Inhalte, der besprochen werden sollten. Ein grundlegendes Verständnis für die Funktionen der Niere und Leber sowie für den Begriff Resorption kann helfen, diesen Zusammenhang besser zu verstehen. Der Zusammenhang zwischen Blutglucose und Harnglucose bietet meiner Meinung nach den idealen Startpunkt für einen Überblick über die Entwicklung von Diagnosen, von den einfachen historischen Geschmackstests von Urin bis zu moderner Blutglucose-Diagnostik. Es ist wichtig, dass die Schülerinnen und Schüler verstehen, warum qualitative

Glucosebestimmung im Spontanurin nicht mehr als Diabetessuchtest eingesetzt werden sollte. Die Lernenden sollen erkennen, wie sich quantitative von halbquantitativen und qualitativen Test unterscheiden und welcher Test sich für welchen Einsatz eignet.

5. Polymerase-Kettenreaktion

Die PCR-Technik hat ihren Namen von der englischen Abkürzung *polymerase chain reaction* und ist eine der grundlegenden Untersuchungsmethoden der Klinischen Chemie. Sie hat eine wesentliche Bedeutung für die Präanalytik und Analytik in der molekularbiologischen Diagnostik (vgl. Döner 2013: 110-119). Die PCR ermöglicht, die Erbsubstanz *in vitro* zu vervielfältigen. Die Polymerase-Kettenreaktion ist nicht nur für die Klinische Chemie von essentieller Bedeutung, sondern vor allem für die Molekularbiologie. Zu ihren Anwendungsgebieten gehören:

- Das Erkennen von viralen Erkrankungen
- Das Erkennen von Erbkrankheiten
- DNA-Fingerabdruck
- Forensische Genetik
- Vaterschaftstest
- Das Klonieren eines Gens
- Die Geschlechtsbestimmung
- Die Isolierung von Erbmaterial aus fossilem Gewebe
- Gezielte Mutagenese

Im Zuge dieser Arbeit wird nicht auf alle Anwendungen eingegangen, sondern auf die für die Schule besonders relevanten fokussiert. Mittels Texten wird kurz eine mögliche Einführung in die Thematik präsentiert und dann auf ihre Anwendungen eingegangen.

DNA-Isolierung. Ausgangsmaterial sind z.B. Zellen aus der Mundschleimhaut oder EDTA-Blut. Die Zellen werden abzentrifugiert und die Zellmembranen mit SDS (Sodiumdodecylsulfat), einem Detergenz, aufgelöst. SDS bindet außerdem an Proteine und löst so die Nukleoproteine von der DNA ab. Mit Kaliumionen werden diese Komplexe ausgefällt. Nach Zentrifugation und Abtrennung des Proteinrückstands wird schließlich die DNA selbst mit Alkohol gefällt, da Alkohole der DNA die Hydrathülle entziehen. Niedermolekulare Substanzen und Salze bleiben in Lösung. Die DNA wird dann in einem salzarmen Puffer wieder aufgelöst. Dieser enthält EDTA zur Komplexierung von Magnesium. Denn dieses wird von den meisten DNA abbauenden Enzymen (DNAsen), die als Verunreinigung leider immer in unseren Proben zu finden sind, als Cofaktor benötigt. So

vorbereitet ist die isolierte DNA über Jahre hinaus stabil. Viele andere Isolierungsmethoden werden je nach Fragestellung angewendet. Die Quantifizierung der isolierten DNA kann bei größeren Mengen durch direkte Fotometrie bei 260 nm erfolgen, wobei der Quotient 260 nm/280 nm ein Maß für die DNA-Reinheit ist, da kontaminierende Proteine bei 280 nm absorbieren. Wesentlich sensitiver lässt sich die DNA durch Fluoreszenzmessung nach Reaktion mit Markierungsfarbstoffen quantifizieren. (Hallbach 2011: 220)

Die DNA-Isolierung von Zellen aus der Mundschleimhaut eignet sich erfahrungsgemäß besser für die Schule als die von Zellen aus dem Blut. Grund dafür sind die hohen Sicherheitsauflagen im Umgang mit Blut in der Schule. Am BORG-Deutschlandsberg machen alle Laborschülerinnen und -schüler eine PCR anhand von Zellen aus der Mundschleimhaut in den Mitmachlaboren der KFU-Graz. Die Zentrifugation und Abtrennung von Proteinrückständen kann jedoch so gut wie an jeder Schule durchgeführt werden, da die meisten über die nötigen Geräte verfügen. Die Fällung der DNA mittels Alkohol sollte auch für die meisten Schullabore kein größeres Problem sein. Die Komplexierung von Magnesium mittels EDTA sollte an den meisten Oberstufen ohnehin gemacht werden. Auch die Quantifizierung der DNA mittels Fotometrie ist an vielen Schulen möglich. Für die praktische und theoretische Bearbeitung einer Thematik an der Schule ist es nicht immer nötig, die gesamte Methode praktisch umzusetzen. Die Kombination von gut machbaren Versuchen an der Schule und ein Besuch von dementsprechenden Laboren sind sinnvoll. Anhand von Texten aus Lehrbüchern der Klinischen Chemie, Versuchen an der Schule und Besuchen der Labore wird gezeigt, was wir gemacht haben bzw. was machbar wäre.

Primer. Sobald man die Sequenz eines interessierenden Gens kennt, das man nachweisen möchte oder in dem man eine Mutation untersuchen will, lassen sich kurze komplementäre Nukleotideinzelstränge (Oligonukleotide) in vitro synthetisieren, die wie eine Sonde Beginn und Ende einer bestimmten DNA-Sequenz erfassen. Mittels zweier solcher Oligonukleotide, die als Primer bezeichnet werden, kann ein bestimmter DNA-Abschnitt markiert werden, der in der PCR-Reaktion vervielfältigt und damit dem anschließenden Nachweis zugänglich gemacht werden kann. Die Durchführung der PCR Polymerase-Kettenreaktion ermöglicht es, definierte Bereiche einer DNA in vitro zu vervielfältigen (Amplifikation). Der zu amplifizierende Bereich wird wie bereits beschrieben durch zwei Primer (kurze, gegenläufige Oligonukleotide mit Komplementarität zu den Enden der interessierenden Ziel-DNA) bestimmt. Im ersten Schritt wird die DNA aus der Probe bei 94°C denaturiert und in ihre Einzelstränge zerlegt. Im zweiten Schritt wird die Temperatur so weit abgesenkt, dass die Primer sich anlagern (Hybridisierung, Annealing). Im dritten Schritt (Elongation)

wird von einer thermostabilen DNA-Polymerase (Taq-Polymerase) die komplementäre Zielsequenz neu synthetisiert, und zwar jeweils ausgehend von den Primern. Dieser Schritt wird daher als Primer-Verlängerung oder Primer-Extension bezeichnet. [...]

Für die Spezifität einer PCR sind die Primersequenzen und auch experimentelle Bedingungen, vor allem die Temperatur beim Annealing-Schritt, verantwortlich. Denn die Zusammenlagerungen komplementärer DNA-Stränge, hier Einzelstrang-DNA und Primer, hat sequenzabhängig ein sehr scharfes Temperaturoptimum. Das größte Problem bei der PCR im Routinelabor sind Kontaminationen durch Fremd-DNA, z.B. aus anderen Proben. Dies macht die Mitführung verschiedenster Kontrollproben und die Einhaltung entsprechender Arbeitsbedingungen erforderlich. (Hallbach 2011: 220f.)

Es ist zwar auch möglich, Techniken wie die PCR und Gelelektrophorese an Schulen durchzuführen, dies übersteigt jedoch oftmals die Mittel der Schulen, weshalb eine theoretische Bearbeitung der Thematik mittels Literatur und etwaigen Besuchen an den entsprechenden Laboren eher zu empfehlen ist. Die Schülerinnen und Schüler unserer Schule haben an der KFU-Graz mittels PCR und Gelelektrophorese ihre Gene, die für den Bitter-Geschmack zuständig sind, untersucht. Der obige Text ist nur eine von vielen Möglichkeiten, sich dieser Thematik zu widmen. Er wurde ausgesucht, weil er gut zur gewählten Thematik dieser Arbeit passt und auf mögliche Fehlerquellen dieser Analyse-Methode verwiesen wird. Wichtig ist, gerade bei Untersuchungen, die Menschen betreffen, immer auf mögliche Fehler der Analyse und deren Vermeidung zu verweisen. Die Schülerinnen und Schüler am BORG-Deutschlandsberg haben zusätzlich die Thematik im Biologieunterricht der 8. Klasse vertieft und eine Einführung im Mitmachlabor erhalten.

5.1. Anwendungen der PCR

Die Anwendungen der PCR sind für die Schule noch interessanter als die Methode selbst. Sie haben stark zu der in der Arbeit angestrebten Veränderung des Selbstbildes von Menschen beigetragen. Als erstes seien die Arbeiten von Svante Pääbo genannt. Ihm und den jeweiligen Forscherinnen und Forschergemeinschaften war es möglich, Erbmaterial aus fossilem Gewebe von ausgestorbenen Tieren zu isolieren. Besonders zentral erscheint in diesem Zusammenhang die Sequenzierung des Neandertaler- und Neandertalerinnen-Genoms. Noch wichtiger für das Selbstbild des Homo sapiens ist es, dass es gelungen ist, den Genfluss vom Neandertaler und der Neandertalerin zum

modernen Homo sapiens nachzuweisen. Hier sei auf die Möglichkeit von Tests der eigenen DNA hingewiesen. Mein Ergebnis findet sich im Anhang unter Anhang 5. Es ist eine Sache, über moderne Analyse-Techniken theoretisch und praktisch in der Schule zu lernen, aber eine andere, über den Transfer der entsprechenden Erkenntnisse in die Alltagswelt der Schülerinnen und Schüler nachzudenken. Es ist wichtig, dass die Lernenden moderne Methoden kennenlernen, aber deren Bedeutung für ihr Selbst- und Weltbild sollte nicht außer Acht gelassen werden. Die PCR als wichtige Methode wurde für das Verständnis der evolutionären Entwicklung zuerst gewählt, weil sie sehr gut in den Narrativ dieser Arbeit passt. Die anderen Anwendungen sind für die Umsetzung in der Schule ähnlich relevant.

Das Erkennen von Infektions- und Erbkrankheiten mittels PCR ist für die Medizin und die Klinische Chemie bedeutend. Ich hoffe, im Zuge des Wahlpflichtfaches Chemie in der Humanmedizin diese mit den Schülerinnen und Schülern theoretisch besprochenen Untersuchungsverfahren eventuell an einer Klinik in der praktischen Umsetzung zu sehen. Der durch die PCR mögliche DNA-Fingerabdruck und die Möglichkeiten der Forensischen Genetik stoßen bei den Schülerinnen und Schülern auf großes Interesse und könnten eingehend bearbeitet werden. Vaterschaftstests, Klonieren eines Gens, Geschlechtsbestimmungen und gezielte Mutagenese sind weitere Beispiele für anschauliche Anwendungen der PCR.

6. Arzneimittel

Die Geschichte der Medizin und der mit ihr verbundenen Wissenschaft ist eng mit der Geschichte der Arzneimittel verbunden. Dieses Kapitel ist den Arzneimitteln und Drogen aus mehreren Gründen gewidmet. Zum einen gibt es zu dieser Thematik ausführliche Literatur, was die Umsetzung in der Schule um einiges erleichtert, zum anderen eignet sich dieses Thema für das Wahlpflichtfach Chemie in der Humanmedizin und es stieß auf großes Interesse auf Seiten der Schülerinnen und Schüler (vgl. Drechsler-Köhler et al. 2011). Es ist für die Schülerinnen und Schüler wichtig, dass sie verstehen, was Arzneimittel sind und welche Möglichkeiten und Gefahren sie in sich bergen. Die meisten haben bereits mehrere Erfahrungen mit Arzneimitteln gemacht, jedoch konkret im Unterricht bearbeitet wurde die Thematik den Erfahrungen meiner Schülerinnen und Schüler nach selten. Daher wurde mit einer allgemeinen Definition von Arzneimittel begonnen, gefolgt von einem kurzen geschichtlichen Abriss über die Entwicklung der verschiedenen Stoffklassen. Es wurde ebenfalls versucht, auf die Risiken der Einnahme hinzuweisen. Die Wirkungen von Arzneimitteln im Körper ist eine ergiebige Thematik, die ich kurz umrissen habe, jedoch in ihrer umfassenden Betrachtung den Rahmen meines Unterrichts und dieser Arbeit sprengen würde (vgl. Schill et al. 2003). Wir haben ebenfalls die wichtigsten Stoffklassen der Drogen besprochen und uns mit deren Wirkungen und möglichen Nachweisen beschäftigt. Ich habe mich für den Unterricht für eine Bearbeitung an einem Beispiel entschieden. Damit soll die breite Thematik auf eine für den Unterricht passende Größe beschränkt werden.

6.1. Geschichte, Synthese und Nachweise von Acetylsalicylsäure

Die folgenden Ausführungen zu der Geschichte, der Synthese und den Nachweisen von Acetylsalicylsäure wurden anhand der Unterrichtsmaterialien *Arzneimittel und Chemie* mit den Schülerinnen und Schülern erarbeitet (vgl. Drechsler-Köhler et al. 2011). Die Entscheidung für die Acetylsalicylsäure als Arzneistoff erfolgte, weil sie sehr weit verbreitet und zudem einfach zu synthetisieren und nachzuweisen ist.

Die Geschichte der Acetylsalicylsäure und deren Synthese aus der Salicylsäure wurde kurz besprochen.

Schon die alten Griechen kannten die schmerzlindernde Wirkung des Saftes, der aus der Rinde von Weiden (lat. salix) gewonnen wird. Weidenrinde enthält Salicylalkohol, der im menschlichen Körper zu Salicylsäure umgewandelt wird.

Im Mittelalter kochten Kräuterfrauen die Weidenrinde auf und gaben das bittere Gebräu schmerzgeplagten Hilfesuchenden - bis das Pflücken der Weiden unter hohe Strafen gestellt wurde, weil man sie dringend für die Korbherstellung benötigte. Das Naturheilmittel geriet in Vergessenheit.

Als Napoleon im Jahr 1806 die Kontinentalsperre verhängte, konnte Chinin, das bekannteste fiebersenkende Mittel jener Zeit, nicht mehr aus Peru nach Mitteleuropa eingeführt werden. Ersatz tat not. So erinnerte man sich an die heilende Wirkung der Weidensäfte.

1859 gelang es dem Marburger Professor Hermann Kolbe, die Struktur der Salicylsäure aufzuklären und ihre Synthese zu erarbeiten. So konnte 1874 die industrielle Produktion von Salicylsäure beginnen – zu einem Zehntel des Preises, der für natürlich gewonnene Salicylsäure, erhalten aus Weidenrinde durch Isolierung und Oxidation des darin enthaltenen Salicylalkohols, gezahlt werden musste. Ihr Geschmack war jedoch grässlich und nicht selten griff sie auch die Schleimhäute an, der Schmerzkranken musste also zwischen zwei Übeln wählen.

1897 machte sich der junge Bayer-Chemiker Dr. Felix Hoffmann auf die Suche nach einem verträglichen und wirksamen Rheumamittel. Hoffmann versuchte, die Salicylsäure zu „veredeln“ und sie dadurch verträglicher zu machen. Erfolg hatte er schließlich mit der Acetylierung, das heißt der Verbindung von Salicylsäure mit Essigsäure (lat. acetum = Essig). Am 10. August beschrieb er in seinem Laborjournal die von ihm in chemisch reiner Form hergestellte Acetylsalicylsäure, kurz ASS. Am 1. Februar 1899 wurde Aspirin[®] als Warenzeichen dafür angemeldet und der Triumphzug eines der ersten synthetisch hergestellten Arzneimittel nahm seinen Anfang. (Drechsler-Köhler et al. 2011: 87).

Der Text bietet einen Einstieg in die Thematik der Entwicklung und Anwendung von Arzneistoffen. Nach dieser Einführung wurde die Acetylsalicylsäure von der Salicylsäure ausgehend synthetisiert. Diese Synthese ist relativ einfach. Sie ist gut gelungen und sollte auch für die meisten Schullabore keine zu große Herausforderung darstellen.

Herstellung von Acetylsalicylsäure

Im folgenden Experiment soll Acetylsalicylsäure - der Wirkstoff von Aspirin® - hergestellt werden. Sie lässt sich relativ einfach durch die Reaktion von Salicylsäure mit Essigsäureanhydrid synthetisieren. Salicylsäure besitzt ähnliche Wirkungen wie Acetylsalicylsäure, ist jedoch sehr übel-schmeckend und brechreizerzeugend. Aus diesem Grund suchte der Chemiker Felix Hoffmann von der Fa. Bayer ein besser verträgliches Derivat und synthetisierte erstmals 1897 die Acetylsalicylsäure, die 1899 als Aspirin® auf den Markt kam.

Geräte:

Waage, 2 Erlenmeyerkolben (100 ml), Becherglas (250 ml), Tropfpipette, Stativmaterial, Dreifuß, Brenner, Thermometer, Keramik- drahtnetz, Saugflasche, Nutsche, Rundfilter, Wasserstrahlpumpe, Vakuumschlauch, Eisbad, Reagenzgläser, Reagenzglashalter, Messzylinder.

Chemikalien:

Salicylsäure (Xn, gesundheitsschädlich), Essigsäureanhydrid (Ethansäureanhydrid) (C, ätzend), konzentrierte Schwefelsäure (w = 96%; C, ätzend), Eisen(III)-chlorid-Lösung (w = 1 %) in Essigsäure (w = 1%), destilliertes Wasser.

Sicherheits-/Entsorgungshinweise:

Der Versuch darf nur mit Schutzbrille und im Abzug durchgeführt werden. Das Filtrat wird neutralisiert und in den Behälter für flüssige organische Abfälle gegeben. Die Acetylsalicylsäure wird in den Behälter für feste organische Substanzen gegeben.

Durchführung:

1. 2 g Salicylsäure werden mit 5 g Essigsäureanhydrid in einen Erlenmeyerkolben gegeben und gut durchgeschüttelt. Es soll dabei eine möglichst homogene Durchmischung zustande kommen.
2. Nach Zugabe von 5 Tropfen konzentrierter Schwefelsäure löst sich das Gemisch unter Erwärmung (etwa 35° C) auf.
3. Die Lösung wird im Wasserbad (Becherglas) 15 Minuten auf 70 bis 80 °C erwärmt (Kontrolle der Temperatur mit Thermometer).
4. Man lässt den Erlenmeyerkolben etwas abkühlen und gibt zu der ca. 60 °C warmen Lösung ca. 1 ml destilliertes Wasser.
5. Nach weiteren fünf Minuten gibt man weitere 15 ml destilliertes Wasser zu.
6. Der Erlenmeyerkolben wird zunächst in kaltem, dann in Eiswasser gekühlt.
7. Die ausgefallenen Kristalle werden abgenutscht und fünfmal mit Eiswasser gründlich ausgewaschen.
8. Die Kristalle werden zwischen zwei Papierfiltern getrocknet.
9. In je einem Reagenzglas löst man eine Spatelspitze Salicylsäure bzw. eine Spatelspitze des Reaktionsprodukts in 5 ml Wasser auf (gelinde erwärmen) und versetzt mit 5 Tropfen Eisen(III)-chlorid-Lösung. (Drechsler-Köhler et al. 2011: 23).

Dieser einfache Versuch ist für die Schülerinnen und Schüler interessant, weil sie selbst zum ersten Mal ein Arzneimittel herstellten. Anschließend wurden mittels einfacher Nachweise die Produkte untersucht.

Beim Abkühlen fällt Acetylsalicylsäure aus. Um die Reinheit des Produkts zu überprüfen, testet man eine Probe mit Eisen(III)-chlorid-Lösung. Ist noch Salicylsäure enthalten, entsteht eine violette Färbung, die auf den gebildeten Eisen(III)-Salicylat-Komplex zurückzuführen ist. (Drechsler-Köhler et al. 2011: 25).

Diese Nachweise sollen den Schülerinnen und Schülern zeigen, wie wichtig es ist, dass gerade Arzneimittel mit größter Vorsicht hergestellt werden, weil mögliche Fehler in der Produktion furchtbare Folgen haben können. Hier bietet sich eine Verknüpfung zu den Nachweismethoden der Klinischen Chemie an. Die erwähnte Eisen(III)-chlorid-Lösung und der gebildete Eisen(III)-Salicylat-Komplex können als fotometrisches Nachweisreagenz dienen. Es ist auch eine enzymatische Bestimmung mittels Salicylathydroxylase möglich. (vgl. Hallbach 2011: 332f.).

Als nächster Versuch zu der Thematik wurde die Isolierung von Acetylsalicylsäure aus handelsüblichen Tabletten durchgeführt, zur geeigneten Vertiefung und Weiterführung der Thematik.

Isolierung von Acetylsalicylsäure aus Aspirin[®] Tabletten

Arzneimittel enthalten neben dem Wirkstoff fast immer auch andere Substanzen, die so genannten Hilfsstoffe. Die Wirkstoffe lassen sich aus dem Arzneimittel isolieren. Dies ist z. B. dann notwendig, wenn der reine Wirkstoff untersucht werden soll.

Geräte:

Reibeschale mit Pistill, 2 Erlenmeyerkolben (400 ml), Stopfen, Messzylinder, Kristallisierschale (d = 14 cm), Magnetrührer, Rührkern, Faltenfilter, Trichter, Stativmaterial

Chemikalien:

5 Aspirin[®] Tabletten mit je 500 mg ASS (Xn, gesundheitsschädlich), Ethanol (F, entzündlich)

Sicherheits-/Entsorgungshinweise:

Das Ethanol lässt man im Abzug verdampfen. Alle offenen Flammen löschen. Den Filterrückstand lässt man trocknen und gibt ihn in zu den organischen Feststoffabfällen.

Durchführung:

1. 5 Aspirin[®] Tabletten werden zu einem möglichst feinen Pulver zerrieben.
2. In einen Erlenmeyerkolben werden zu diesem Pulver 50 ml Ethanol und ein Rührkern gegeben.

3. Der Kolben wird mit einem Stopfen verschlossen und dessen Inhalt ca. 1 Minute auf dem Magnetrührer gerührt.
4. Es wird vom ungelösten Rückstand abfiltriert.
5. Das klare Filtrat wird in der Kristallisierschale über Nacht im Abzug stehen gelassen (alternativ kann man die Kristallisierschale gelinde auf dem Magnetrührer erwärmen. Die Kristallisation ist dann bereits nach ca. 30 Minuten abgeschlossen). (Drechsler-Köhler et al. 2011: 26).

Dieser Versuch ist ebenfalls einfach und günstig durchzuführen und lässt sich deshalb in fast jedem Schullabor umsetzen.

Die Chromatografie als ein Trennverfahren findet in der Klinischen Chemie viele Anwendungen. In diesem Zusammenhang wird hier näher auf die Dünnschichtchromatografie eingegangen. Sie eignet sich für die Schule besonders. Sie ist einfach, günstig umzusetzen und für die Schülerinnen und Schüler einfach zu verstehen. Wurde diese Trennmethode bereits im Laborunterricht besprochen, kann sie hier vertieft werden. Hier wird nur auf ein zur Thematik passendes Beispiel näher eingegangen, es gibt aber zahlreiche andere in der Literatur (vgl. Drechsler-Köhler et al. 2011).

Dünnschichtchromatografische Untersuchung von Schmerzmitteln

Sollten keine Reinstoffe als Vergleichssubstanzen zur Verfügung stehen, können die Substanzen auch durch spezifische Farbreaktionen detektiert werden. Dazu benötigt man folgende Reagenzien.

1. Eisen(III)-chlorid-Reagenz:
1 g Eisen(III)-chlorid-Hexahydrat wird in 100 ml destilliertem Wasser gelöst.
2. Eisen(III)-chlorid/Kaliumhexacyanoferrat(III)-Reagenz
Lösung a: 1 g Kaliumhexacyanoferrat(III) in 100 ml destilliertem Wasser lösen.
Lösung b: 2 g Eisen(III)-chlorid-Hexahydrat in 100 ml destilliertem Wasser lösen.
Gebrauchsfertige Lösung: 10 ml destilliertes Wasser, 8 ml Lösung a, 2 ml Lösung b, 1 ml konzentrierte Salzsäure mischen und mit Methanol auf 100 ml auffüllen.
3. Iod-Reagenz
250 mg Iod werden in 100 ml Petroleumbenzin (Siedebereich 40-60°C) gelöst.

Durchführung:

1. Die entwickelte, getrocknete Platte wird in das Eisen(III)-chlorid-Reagenz eingetaucht.
Farbreaktionen s. Tab.
2. Die entwickelte, getrocknete Platte wird 1-2 Sekunden in das Eisen(III)-chlorid/
Kaliumhexacyanoferrat(III)-Reagenz eingetaucht.

Zur Farbvertiefung evtl. im Trockenschrank 5 Minuten auf 110 °C erhitzen.

Farbreaktionen s. Tab.

3. Die entwickelte, getrocknete Platte wird ca. 3 Sekunden in das Iod-Reagenz eingetaucht. Farbreaktionen s. Tab.

Farbreaktionen:

	Eisen(III)-chlorid Reagenz	Eisen(III)-chlorid Kaliumhexacyanoferrat(III) Reagenz	Iod-Reagenz
Acetylsalicylsäure	gelb	blauviolett	-
Salicylsäure	violett	blauviolett	-
Paracetamol	-	blau	-
Coffein	-	-	braun
Ibuprofen	gelb	orange	-
Diclofenac	schwach rosa	blau	-

Die verwendeten Arzneimittel enthalten folgende Wirkstoffe:

- Aspirin[®]: Acetylsalicylsäure
- Aspirin[®] Coffein: Acetylsalicylsäure, Coffein
- Aktren[®] Forte: Ibuprofen
- Diclo-CT akut 12,5 mg: Diclofenac
- Paracetamol 500 Hexal[®]: Paracetamol (Drechsler-Köhler et al. 2011: 29)

Diese anschauliche Versuchsreihe bietet die Möglichkeit, gleich mehrere Nachweise von verschiedenen Arzneimittel zu machen und miteinander zu vergleichen. Es ist auch möglich, den Acetylsalicylsäure-Gehalt mittels Titration quantitativ zu bestimmen, wenn man diese eher qualitativen Versuche um den quantitativen Aspekt erweitern möchte. Zusammenfassend bietet die Thematik Arzneimittel ein für die Zielsetzung dieser Arbeit reichhaltiges Reservoir an geeigneten Inhalten und Versuchen.

7. Schulexperimente III

Im Zuge der Ausbildung zur Chemielehrerin und zum Chemielehrer an der KFU-Graz besuchen die Studierenden die Lehrveranstaltung Schulexperimente III für Lehramtsstudierende der Chemie. Ich habe im Zuge dieser Lehrveranstaltung Experimente zur klinischen Chemie vorgestellt. Die Studierenden konnten diese selbst ausprobieren und bekamen die Aufgabe, selbst neue zu erstellen. In diesem Kapitel werden diese dargestellt und erläutert.

Ziel der von mir vorgestellten Experimente war es, den Studierenden zu zeigen, wie die verschiedenen Inhalte der Klinischen Chemie im Unterricht an der AHS Oberstufe umgesetzt werden können. Sie haben die folgenden Stationen durchgemacht:

- Bestimmung von Geschmack, Farbe, Geruch, Trübung und pH-Wert von künstlichen Urinlösungen ohne Hilfsmittel
- Eigenurinanalyse mittels Teststreifen
- Nachweisreaktionen von Urinbestandteilen
- Qualitative Tüpfelnachweise für organische Verbindungen, die im Urin enthalten sein können
- pH-Wert- und Leitfähigkeitsmessungen mittels Elektroden von Urinproben
- Redox-Titrationen als Beispiel für komplexere quantitative Bestimmungen von Nitrit Konzentrationen⁷
- Fotometrische Bestimmung der Konzentration von $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$ Lösungen⁸

Der Aufbau und die Einteilung der Experimente soll grob die historische Entwicklung der Urinanalyse nachstellen und auch einen Grad an zunehmender Komplexität darstellen.

Die einfachen Bestimmungen von Geschmack, Farbe, Geruch, Trübung und pH-Wert (Säure erschmecken) sind für jede Altersstufe umsetzbar. Sie demonstrieren,

⁷ Siehe Anhang 1, die Unterlagen stammen von meinen Vorgänger als Kustos am BORG Deutschlandsberg, Richard Lang.

⁸ Siehe Anhang 2, die Unterlagen stammen von meinen Vorgänger als Kustos am BORG Deutschlandsberg, Richard Lang.

wie Ärztinnen und Ärzte sich vor den Möglichkeiten der modernen Naturwissenschaften nur auf ihre eigenen Sinne für einfache Diagnosen verlassen konnten. Man sollte aber nicht den Fehler begehen, nur weil Versuche einfach umzusetzen sind, sie als Mittel für die Vermittlung von Oberstufen- oder Universitätsstoff zu verwerfen. Organische Säuren mit der eigenen Zunge zu schmecken bedarf keinerlei Vorbildung. Zu verstehen oder berechnen, welchen pH-Wert eine Lösung aus mehreren organischen Säuren hat, die im Körper entstanden sind oder zumindest ausgeschieden wurden, bedarf hingegen einem fundierten chemischen Wissen. Es wäre auch möglich zu behandeln, wie im Körper Säure wahrgenommen wird oder wie organische Säuren entstehen und welche Rolle sie im Körper spielen.

Der nächste Versuch, den ich mit den Studierenden durchführte, ist die Teststreifen-Untersuchung von Eigenurin. Diese Teststreifen funktionieren mittels farbigen Indikatoren und sind über Farbvergleiche einfach auszuwerten. Einfache qualitative oder semiquantitative Untersuchungen mittels Farbindikatoren sind auch historisch einer der nächsten Schritte in der Entwicklung der Analytik. Hier sollten wie bereits erwähnt Stärken und Schwächen der Untersuchungsmethode diskutiert werden. Bei der Arbeit mit Urin ist wegen des Risikos einer Übertragung von Krankheiten größte Vorsicht geboten.

Als nächster Schritt folgen einfache chemische Nachweisreaktion wie z.B. für Ammoniak im Urin. Diese Nachweise müssen nun selbst durchgeführt werden. Die Untersuchenden können auf keine vorgefertigten Schnelltests zurückgreifen. Dadurch wird auch die Komplexität der Untersuchung um einen Stufe erhöht und ist damit eher auf dem Niveau der Sekundarstufe II. Der Vorteil von selbst erstellten und durchgeführten Nachweisreaktionen ist, dass die Schülerinnen und Schüler sich eingehender mit der Thematik beschäftigen müssen. Ich habe für die Studierenden die Versuche so präsentiert, um ihnen zu zeigen, wie bei der selben Thematik die Komplexität der Inhalte und praktischen Umsetzungen variiert werden kann.

Die qualitative Tüpfelnachweise für organische Verbindungen, die im Urin enthalten sein können, erhöhen den Grad an vorausgesetztem Wissen und

praktischen Fähigkeiten entscheidend. Die Schülerinnen und Schüler müssen nicht nur ein fundiertes Wissen über die wichtigsten funktionellen Gruppen der organischen Chemie haben. Sie sollten auch noch über deren mögliche Reaktionen und Nachweise Bescheid wissen. Gut eignen sich zur praktischen Umsetzung in diesem Zusammenhang die Unterlagen der Chemieolympiade Österreich (Chemieolympiade Österreich 2017). Eine sinnvolle theoretische Erweiterung ist, mit den Lernenden die Herkunft der organischen Verbindungen im Urin zu bearbeiten.

Die pH-Wert- und Leitfähigkeitsmessungen waren mittels Elektroden von Urinproben aus technischer und historischer Sicht der nächste Schritt. Diese Messungen sind für die Sekundarstufe I und II geeignet, aber auch für die Universität. Der Vorteil der Messung mittels Elektroden ist, dass sie quantitative Analysen ermöglichen. Der Grad an Komplexität kann gut variiert werden.

Die Redox-Titrationen als Beispiel für komplexere quantitative Bestimmungen von Nitrit-Konzentrationen eignen sich als Vertiefung der einfachen Nitritbestimmung mittels Teststreifen. Sie können aber auch als Erweiterung der Leitfähigkeitsmessungen mittels Elektroden gesehen werden. Der Grad an Komplexität ist hier für Schülerinnen und Schüler schon beträchtlich. Die Umsetzung dieser Versuche ist nur in einem naturwissenschaftlichen Zweig, einem speziellen Wahlpflichtfach oder der Chemieolympiade sinnvoll.

Der letzte Versuch ist der der Fotometrische Bestimmung der Konzentration von $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$ Lösungen. Diese ist sowohl von den verwendeten Geräten als auch von der dahinter stehenden Theorie am anspruchsvollsten und sollte zum Abschluss gemacht werden.

Die Idee hinter dieser Versuchsreihe für die Schulversuche III im Zuge der Ausbildung zur Chemielehrerin und -lehrer an der KFU-Graz war nicht, dass die Studierenden sie in ihrem zukünftigen Unterricht genau so nachmachen sollen. So wie in dieser Arbeit soll damit gezeigt werden, was anhand der Klinischen Chemie und der medizinischen Wissenschaften im Unterricht vor allem an der Oberstufe

möglich ist. Die Studierenden erhielten als Aufgabe für ihre Protokolle den Auftrag, selbst etwaige Konzepte umzusetzen, zumindest theoretisch.

Im Anhang 3 ist ein solches Protokoll nicht korrigiert oder kommentiert vom 24. November 2017 von Köfer, Masser und Strunz zur Ansicht eingefügt. Um den Aufbau dieses Protokoll für die Lesenden besser verständlich zu machen, sind meine Anforderungen unter Anhang 4 angefügt. Die von den Studierenden gewählte Thematik Stärkeabbau durch Enzyme und Säure eignet sich als Ergänzung und Vertiefung zu den hier beschriebenen Inhalten. Wie bereits öfters erwähnt sind die Kohlenhydrate, deren Aufbau, Eigenschaften und Verstoffwechslung wichtige Grundlagen für die Vermittlung der angestrebten Inhalte und Kompetenzen. Die Verknüpfung der Fachbereiche Chemie, Medizin, Biologie kann in einer solchen Themensetzung verwirklicht werden.

Eines der Ziele meines Beitrages zu den Schulexperimenten III war es, den Studierenden Möglichkeiten der Verknüpfung und Vermittlung im Rahmen der Klinischen Chemie zu zeigen. Die unveränderten Ausführungen im Anhang machen ersichtlich, dass die Umsetzung dieses Ziels zumindest teilweise gelungen ist.

8. Wahlpflichtfach Chemie in der Humanmedizin

Das Wahlpflichtfach Chemie in der Humanmedizin rief ich am BORG Deutschlandsberg aus mehreren Gründen ins Leben. Es ging mir darum, die im Studium Master of Health Education erlernten theoretischen Inhalte im Unterricht praktisch umzusetzen. Die in dieser Arbeit angestrebten Ziele und Thesen, dass z.B. ein wissenschaftliches und evidenzbasiertes Selbstbild vermittelbar ist und einen positiven Beitrag zum Gesundheitsbewusstsein liefern kann, will/wollte ich erproben, umsetzen und evaluieren. Vierzehn Schülerinnen und Schüler waren interessiert und so findet seit dem September 2017 dieses Wahlpflichtfach statt. Das Wahlpflichtfach fand bei den Schülerinnen und Schülern großen Anklang. Es wird nicht nur nächstes Schuljahr mit mehr Teilnehmerinnen und Teilnehmern fortgesetzt, wodurch die Schülerinnen und Schüler die Möglichkeit haben, im Jahr 2019 in diesem Fach zu maturieren, sondern mit hoher Wahrscheinlichkeit kommt heuer noch ein weiteres Wahlpflichtfach Chemie in der Humanmedizin zustande. In den folgenden Teilen werden die Grundlagen im Lehrplan, die Inhalte und praktischen Umsetzungen besprochen.

8.1. Lehrplan für das Wahlpflichtfach Chemie in der Humanmedizin

Das Wahlpflichtfach Chemie in der Humanmedizin muss sich als Wahlpflichtfach mit einem klinisch-chemischen Schwerpunkt am allgemeinen Lehrplan für Chemie in der Oberstufe orientieren. Der allgemeine Lehrplan hat für Wahlpflichtfächer zum Thema Chemie folgende Vorgaben:

CHEMIE

Bildungs- und Lehraufgabe (für alle Klassen):

Das Ziel des Wahlpflicht-Unterrichts ist, den Schülerinnen und Schülern gemäß ihrer Interessen eine Erweiterung und Vertiefung ihres Bildungshorizontes zu bieten. (Bundesministerium für Unterricht und Kunst 2018)

Eines der Ziele des Wahlpflichtfaches Chemie in der Humanmedizin ist es, die im allgemeinen Chemieunterricht erworbenen Kompetenzen und Erkenntnisse zu

festigen, vertiefen und erweitern. Folgende Gründe gibt es für die Vertiefungen Humanmedizin und Klinische Chemie:⁹

8.2. Interesse der Schülerinnen

Viele Schülerinnen und Schüler haben großes Interesse an den biochemischen Vorgängen in ihrem Körper. In den Unterrichtsfächern Biologie und Chemie müssen diese zwar behandelt werden, es fehlt jedoch zumeist die Zeit für eine praktische Umsetzung und erweiternde und vertiefende Ausführungen. Das liegt nicht daran, dass die Lehrenden das nicht wollten oder könnten, es ist wegen des vorgeschriebenen und zu behandelnden Stoffumfanges der Fächer zeitlich so gut wie nicht möglich. Gerade die Untersuchungsmethoden der Klinischen Chemie beinhalten anschauliche und gut verständliche Experimente, die den Schülerinnen und Schülern erweiternde und vertiefende Einblicke in die Vorgänge in ihrem eigenem Körper bieten können. Es ist für sie so leichter möglich den Zusammenhang zwischen dem gesundheitsfördernden und bewusstem Umgang mit Stoffen der Alltagswelt und der Gesundheit des Körpers zu verstehen und vorher gewonnene Erkenntnisse zu vertiefen. Diese alltagsrelevante Anwendung von erlerntem Wissen und Kompetenzen ist nicht nur eine Umsetzung der Forderungen des Lehrplans, sondern auch eine essentielle Komponente jedes Unterrichts.

8.3. Praktisches Arbeiten

Der Schwerpunkt auf die Klinische Chemie ermöglicht einfache und komplexe praktische Umsetzungen im Labor. Die Klinische Chemie bietet viele anschauliche Untersuchungen und Experimente. Im Zuge dieser Arbeit kann nur ein kleiner Auszug der möglichen Versuche und Experimente dargestellt werden, auf weitere Möglichkeiten und Literatur wird jedoch verwiesen. Die Klinische Chemie bietet nicht nur die Möglichkeit zur Vertiefung und Erweiterung des erworbenen Wissens, sondern auch die Gelegenheit, diese praktisch gewonnenen Kenntnissen und Fertigkeiten als eigenen Kompetenzzuwachs zu erfahren.

⁹ Die folgenden Absätze beziehen sich auf die zitierten Auszüge aus dem Lehrplan. Aus Gründen der Lesbarkeit ist nicht jedes indirekte Zitat ausgewiesen. Es wird aber auf die Verwendung hingewiesen.

Viele der rezenten wissenschaftlichen Artikel in den medizinischen Wissenschaften sind öffentlich zugänglich und in Englisch verfasst, was die vom Lehrplan geforderte Arbeiten mit fremdsprachigen Unterlagen erleichtert und befördert. Das geforderte weitgehend selbst organisierte Planen, Durchführen und Auswerten von praktischen Arbeiten ist ein weiteres Ziel dieses Wahlpflichtfaches. Zum Beispiel sind die beschriebenen Versuche zur Urinanalyse genauso gestaltet, dass sie den Schülerinnen selbstständiges Forschen unter Rücksichtnahme von bereits erlernten Kompetenzen ermöglichen.

Der Schwerpunkt ist auf das praktische Arbeiten zu legen. Neben der angeleiteten Durchführung von Untersuchungen, Experimenten und Synthesen ist mit zunehmender Erfahrung der Schülerinnen und Schüler vermehrt Gelegenheit zu bieten, durch die Notwendigkeit des kombinierten Einsatzes von bereits erworbenen Kenntnissen und Fertigkeiten den eigenen Kompetenzzuwachs zu erfahren. Arbeiten mit fremdsprachigen Unterlagen und weitgehend selbst organisiertes Planen, Durchführen und Auswerten von praktischen Arbeiten ist - auch im Hinblick auf eine eventuelle vorwissenschaftliche Arbeit – anzustreben („Forschungsprojekt“). Damit sollen günstige Ausgangsbedingungen für ein fachbezogenes Universitätsstudium geschaffen werden. (Bundesministerium für Unterricht und Kunst 2018)

8.4. Vorbereitung auf mögliche Studien

Die zuvor beschriebenen Vorgehensweisen in dem Wahlpflichtfach Chemie in der Humanmedizin sollen zum einen gute Ausgangsbedingungen für die naturwissenschaftlichen Studien Chemie, Biologie, Medizin, Pharmazie usw. schaffen, zum anderen sollen die Schülerinnen und Schüler an das vorwissenschaftlichen Arbeiten herangeführt werden.

Bei allen praktischen Arbeiten mit Chemikalien und Geräten elaboriert und sicher entsprechend den Sicherheitsrichtlinien umgehen. Die mit der Schule zur Verfügung stehenden experimentellen Methoden Daten generieren, dokumentieren, interpretieren und präsentieren. (Bundesministerium für Unterricht und Kunst 2018)

Ziel des Wahlpflichtfaches ist es, nicht nur theoretisch, sondern bereits praktisch auf mögliche zukünftige Studien vorzubereiten. Bereits in der Schule selbst Daten zu generieren, dokumentieren, interpretieren und zu präsentieren kann vor allem im Zuge der Versuche und Untersuchungsmethoden der Klinischen Chemie erreicht werden. Zusätzlich handelt es sich zumeist um gesundheitsrelevante

Daten, die generiert, dokumentiert und ausgewertet werden. Dies ist eine Synergie mit dem nächsten Ziel des Wahlpflichtfaches:

8.5. Gesundheitsförderliches Verhalten und Selbstreflexion fördern

Eines der zentralen Ziele dieser Arbeit ist es, gesundheitsförderliches Verhalten und die Selbstreflexion zu fördern. Dies soll unter anderem durch die Vermittlung eines wissenschaftlichen und evidenzbasierten Selbstbildes umgesetzt werden. Der allgemeine Lehrplan für Chemie bietet folgende Beiträge zu den Bildungsbereichen, die für das Wahlpflichtfach Chemie in der Humanmedizin relevant sind:

Natur und Technik

Grundlegende Kenntnisse über Funktion und Vernetzung natürlicher und anthropogener Stoffkreisläufe; vertieftes Verständnis für die Beziehung von Struktur und Eigenschaften von Stoffen und deren gezielte Veränderungen; Einblick in technische und naturwissenschaftliche Studien- und Berufsfelder

Gesundheit und Bewegung

Grundlagen für den gesundheitsfördernden und -bewussten Umgang mit Stoffen der Alltagswelt; vertieftes Kritikbewusstsein gegenüber der Ambivalenz von Drogen und Pharmazeutika (Bundesministerium für Unterricht und Kunst 2018)

Für das Verständnis und die Selbstreflexion der eigenen Gesundheit ist es für die Schülerinnen und Schüler relevant, dass sie grundlegende Kenntnisse über Funktion und Vernetzung natürlicher und anthropogener Stoffkreisläufe erwerben und besitzen. Im Kapitel zum Blutpuffer wird die mögliche Umsetzung dieser Zusammenhänge im Unterricht beispielhaft dargestellt. Es ist essentiell, dass sie verstehen, dass sie Teil einer Umwelt und von dieser abhängig sind. Sie sollen verstehen, dass sie als heterotrophe Lebewesen für den Aufbau ihrer Körperbestandteile auf bereits bestehende organische Verbindungen von anderen Lebewesen zugreifen müssen.

Der Zusammenhang zwischen Drogen- bzw. Medikamentenkonsum und der eigenen Gesundheit sind weitere wichtige Erkenntnisziele. Die Beziehung von Struktur und Eigenschaften von Stoffen und deren gezielte Veränderungen sind für die zuvor erwähnten Zusammenhänge von Drogen- bzw. Medikamentenkonsum, Ernährung und der eigenen Gesundheit geeignet.

An beispielhaften Arzneimitteln kann experimentell und theoretisch die Beziehung von Struktur und Eigenschaften von Stoffen und deren gezielte Veränderungen erläutert und vertieft werden. Hier soll auf die theoretisch aufbereiteten Versuche aus dem Werk *Arzneimittel und Chemie Unterrichtsmaterialien für einen zeitgemäßen Chemieunterricht* hingewiesen werden (vgl. Drechsler-Köhler et al. 2011).

Einige für die Zielsetzung relevante Inhalte und Experimente sind z.B.:

- Extraktion von China-Alkaloide aus Chinarinde
- Isolierung von Coffein aus Tee
- Herstellung von Acetylsalicylsäure
- Dünnschichtchromatografische Untersuchung von Schmerzmitteln
- Dünnschichtchromatografie verschiedener Acetylsalicylsäure-Präparate
- Qualitativer Nachweis von Vitamin C
- Einfluss der Arzneistoff-Lipophilität auf die Resorption
- Schleimlösende Wirkung von Acetylcystein
- Entschäumende Wirkung von aktivierten Silikonen
- Wirkung von Gallensalzen
- Untersuchung von Tablettenüberzügen
- Herstellung von Tablettenüberzügen
- Herstellung von Tabletten mit und ohne Sprengmittel
- Die schmerzhemmende Wirkung von Acetylsalicylsäure
- Vorgänge bei der Eliminierung und Ausscheidung von Wirkstoffen im Körper (vgl. Drechsler-Köhler et al. 2011)

Die hier präsentierten Inhalte und Experimente zur Isolierung, zur Synthese, den Nachweisen, der Wirkung, der Verstoffwechslung usw. von Arzneimittel eignen sich für den Unterricht im Wahlpflichtfach Chemie in der Humanmedizin. Sie können einen Beitrag zur Schaffung der Grundlagen für den gesundheitsfördernden und -bewussten Umgang mit Stoffen der Alltagswelt liefern. Die Grundlagen für den gesundheitsfördernden und -bewussten Umgang mit Stoffen der Alltagswelt sind im Lehrplan für die allgemeine Chemie vorgeschrieben und sollen im Wahlpflichtfach gefestigt, vertieft und erweitert

werden. Da im allgemeinen Chemieunterricht die Zeit für eine experimentelle Umsetzung fehlt, wird im Wahlpflichtfach der Fokus auf eben diese gelegt.

Im Abschnitt zu den chemischen Grundlagen des Lebens werden für den Unterricht im Fach Chemie und damit bis zu einem gewissen Grad auch für das Wahlpflichtfach Chemie in der Humanmedizin folgende Inhalte vorgeschrieben:

Chemische Grundlagen des Lebens

- Erläutern, wie alle Lebensvorgänge auf stofflichen und energetischen Veränderungen beruhen und die Menschen von ihrer stofflichen Umwelt abhängig sind.
- Die Wichtigkeit einer gesundheitsbewussten Lebensführung an Beispielen aus der Lebensmittelchemie diskutieren.
- Durch kritisch reflektierenden Einsatz von differenzierten Stoffkenntnissen zu Ernährungsempfehlungen Stellung beziehen.
- Gesundheitsfördernden und bewussten Umgang mit Stoffen der Alltagswelt am Beispiel von Genussmitteln und Drogen diskutieren.

Zusätzlich im Realgymnasium mit vertiefendem Unterricht in Biologie, Chemie und Physik:

- Struktur und Funktion biologischer Membranen beschreiben
- Aspekte der Pharmakologie und Toxikologie an ausgewählten Beispielen darstellen (Bundesministerium für Unterricht und Kunst 2018)

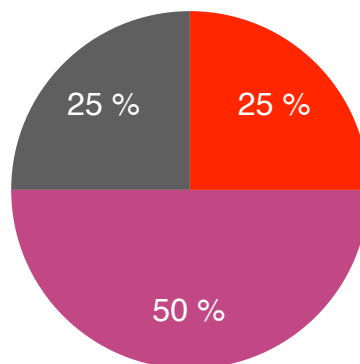
Diese geforderten Inhalte decken sich zu einem großen Teil mit den in dieser Arbeit präsentieren und von mir an der Universität und Schule umgesetzten. Diese Arbeit orientiert sich an den geforderten Vorgaben des Ministeriums und nicht an theoretischen und alltagsfernen Konzepten. Diese Vorgaben ermöglichen aber auch eine weit über diese Arbeit hinausreichende Vertiefung.

9. Umfragen

Die von mir zur Überprüfung meiner Thesen durchgeführten Umfragen finden sich im Anhang unter Anhang 6 und Anhang 7. Ich werde diese hier auswerten. Bei der ersten Umfrage handelt es sich um eine Umfrage mit Single-Choice-Fragen. Die Möglichkeiten zum Ankreuzen waren für die Schülerinnen und Schüler im Wahlpflichtfach von Stimme nicht zu "6" bis Stimme voll zu "1". Die Fragen orientieren sich zum Teil an den Gesundheitszielen für Österreich (vgl. Gesundheitsziele Österreich 2018).

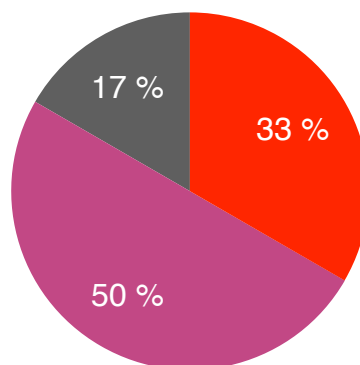
- 1) Hat dir das Wahlpflichtfach Chemie in der Humanmedizin dabei geholfen, deine Gesundheitskompetenz zu erweitern bzw. deine Health Literacy gefördert?

● 6 ● 5 ● 4 ● 3 ● 2 ● 1



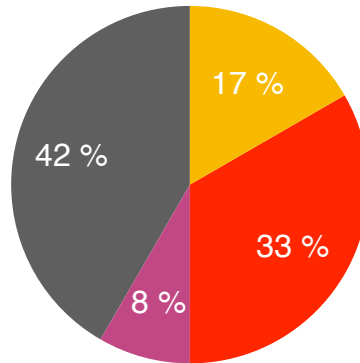
- 2) Hat das Wahlpflichtfach Chemie in der Humanmedizin dich unterstützt, dein Verantwortungsbewusstsein in Bezug auf deine Gesundheit zu stärken?

● 6 ● 5 ● 4 ● 3 ● 2 ● 1



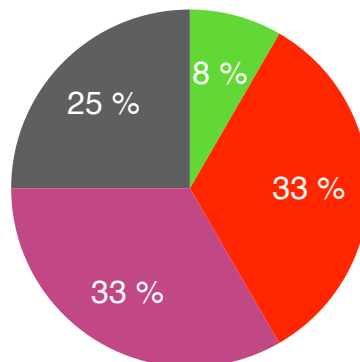
3) Hat das Wahlpflichtfach Chemie in der Humanmedizin dir den Zugang zu verständlicher, unabhängiger und qualitätsgesicherter Information erleichtert?

● 6 ● 5 ● 4 ● 3 ● 2 ● 1



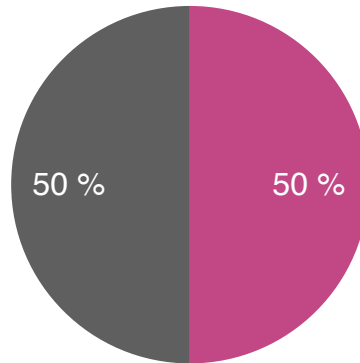
4) Hat das Wahlpflichtfach Chemie in der Humanmedizin dein Bewusstsein für Gesundheitsvorsorge gefördert?

● 6 ● 5 ● 4 ● 3 ● 2 ● 1



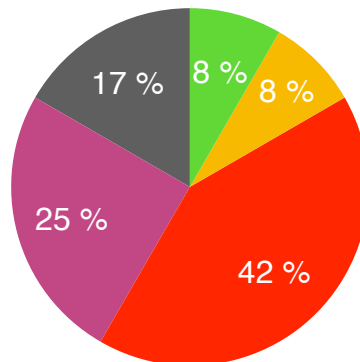
5) Hat das Wahlpflichtfach Chemie in der Humanmedizin dir geholfen besser zu verstehen, dass hochwertige und sichere Lebensmittel für den Erhalt deiner Gesundheit wichtig sind?

● 6 ● 5 ● 4 ● 3 ● 2 ● 1



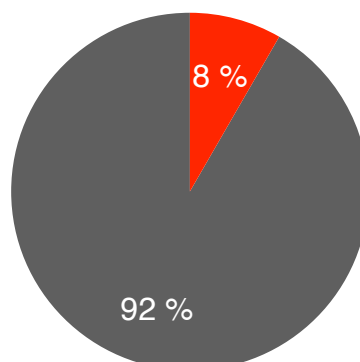
6) Hat deiner Meinung nach das Wahlpflichtfach Chemie in der Humanmedizin dir dabei geholfen, deine Umweltkompetenz zu erweitern bzw. diese gefördert?

● 6 ● 5 ● 4 ● 3 ● 2 ● 1



7) Hat das Wahlpflichtfach Chemie in der Humanmedizin dazu beigetragen zu verstehen, dass Ernährung einen grundlegenden Einfluss auf die Gesundheit und das Wohlbefinden von Menschen hat?

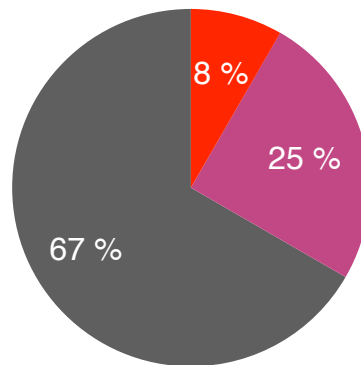
● 6 ● 5 ● 4 ● 3 ● 2 ● 1



66 von 129

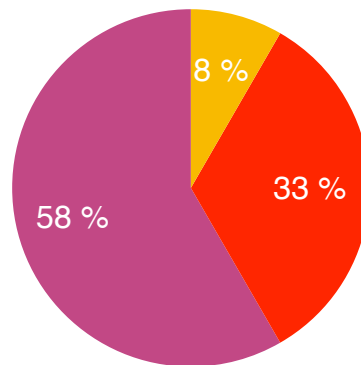
8) Hat das Wahlpflichtfach Chemie in der Humanmedizin dein Verständnis, dass ausgewogene Ernährung das Risiko für viele chronische Erkrankungen reduzieren kann, gefördert?

● 6 ● 5 ● 4 ● 3 ● 2 ● 1



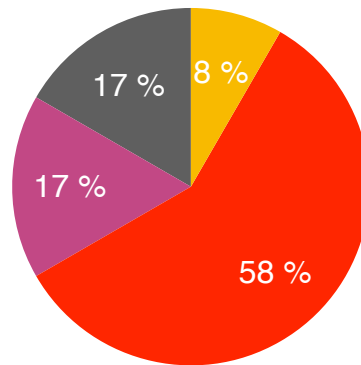
9) Wurde deiner Meinung nach deine Ernährungskompetenz durch das Wahlpflichtfach Chemie in der Humanmedizin erhöht?

● 6 ● 5 ● 4 ● 3 ● 2 ● 1



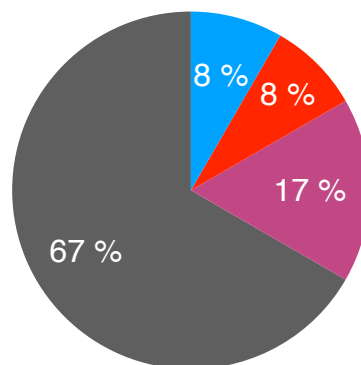
10) Hat dir das Wahlpflichtfach Chemie in der Humanmedizin dabei geholfen, die Bedeutung von hochwertigen, saisonalen und regionalen Lebensmittel als einen wichtigen Bestandteil einer qualitativ hochwertigen Ernährung besser zu verstehen?

● 6 ● 5 ● 4 ● 3 ● 2 ● 1



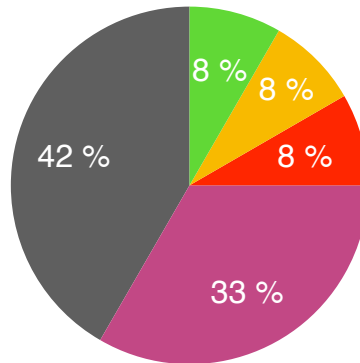
11) Hat das Wahlpflichtfach Chemie in der Humanmedizin dazu beigetragen zu verstehen, dass regelmäßige körperliche Aktivität deine Gesundheit grundlegend und nachhaltig positiv beeinflusst?

● 6 ● 5 ● 4 ● 3 ● 2 ● 1



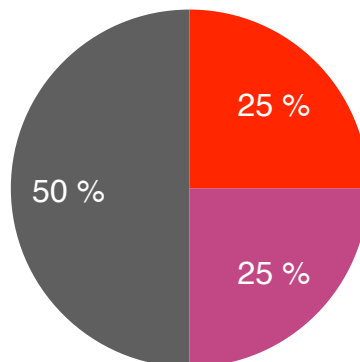
12) Hat das Wahlpflichtfach Chemie in der Humanmedizin dir geholfen, regelmäßige körperliche Aktivität als Vorbeugung für viele chronischen Krankheiten besser zu verstehen?

● 6 ● 5 ● 4 ● 3 ● 2 ● 1



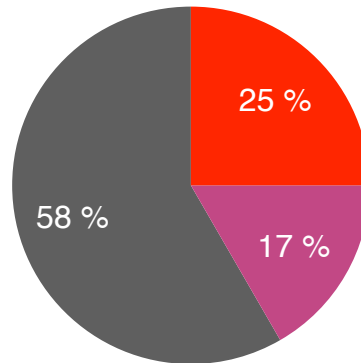
13) Hat das Wahlpflichtfach Chemie in der Humanmedizin dir geholfen zu verstehen, dass regelmäßige körperliche Aktivität das psychische und körperliche Wohlbefinden begünstigt?

● 6 ● 5 ● 4 ● 3 ● 2 ● 1



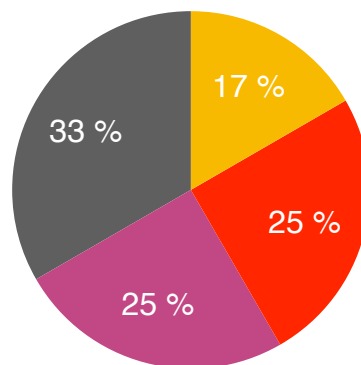
14) Sollten die Inhalte des Wahlpflichtfachs Chemie in der Humanmedizin in den Pflichtunterricht implementiert werden?

● 6 ● 5 ● 4 ● 3 ● 2 ● 1



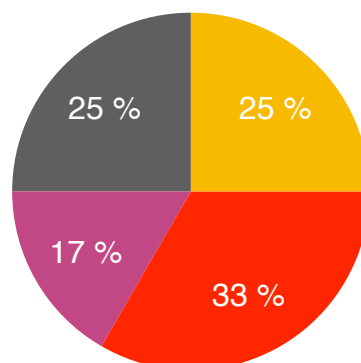
15) Hat das Wahlpflichtfach Chemie in der Humanmedizin dir geholfen, dein Selbstbild bzw. Körperverständnis anhand von Experimenten zu erweitern?

● 6 ● 5 ● 4 ● 3 ● 2 ● 1



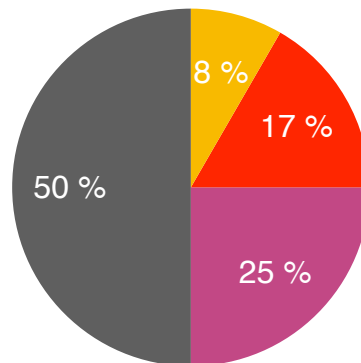
16) Hat das Wahlpflichtfach Chemie in der Humanmedizin dir dabei geholfen, ein wissenschaftliches und evidenzbasiertes Selbstbild zu erlangen?

● 6 ● 5 ● 4 ● 3 ● 2 ● 1



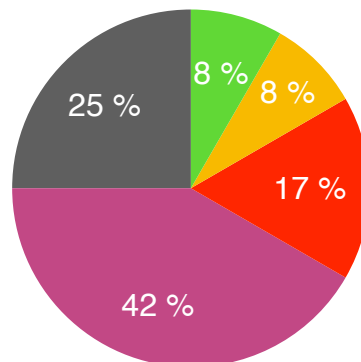
17) Hat das Wahlpflichtfach Chemie in der Humanmedizin einen positiven Beitrag zu deinem Gesundheitsbewusstsein geliefert?

● 6 ● 5 ● 4 ● 3 ● 2 ● 1



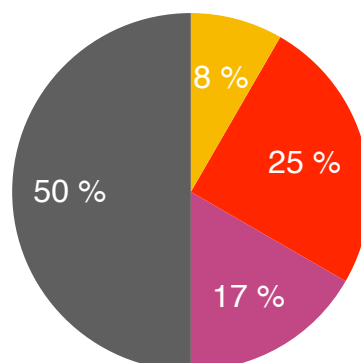
18) Haben die Experimente im Wahlpflichtfach Chemie in der Humanmedizin geholfen, bei dir ein auf Fakten basierendes Selbstbild zu fördern?

● 6 ● 5 ● 4 ● 3 ● 2 ● 1



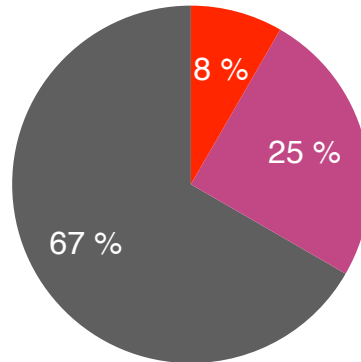
19) Ist dir durch das Wahlpflichtfach Chemie in der Humanmedizin der Unterschied zwischen gemessenen, erhobenen Messwerten und Literaturwerten besser verständlich geworden?

● 6 ● 5 ● 4 ● 3 ● 2 ● 1



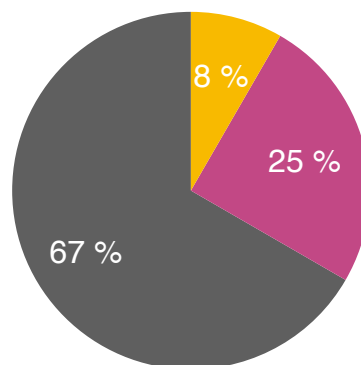
20) Hat das Wahlpflichtfach Chemie in der Humanmedizin dazu beigetragen zu verstehen, dass nicht alle erhobenen Messwerte möglich oder gar sinnvoll sind.

● 6 ● 5 ● 4 ● 3 ● 2 ● 1



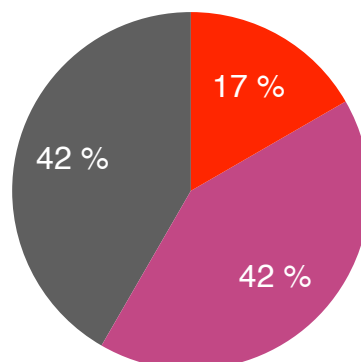
21) Bist du der Meinung, dass die Bearbeitung der Inhalte der Klinischen Chemie im Speziellen und die der Medizinischen Wissenschaften im Allgemeinen im Unterricht sinnvoll und erstrebenswert sind?

● 6 ● 5 ● 4 ● 3 ● 2 ● 1



22) Hatte das Wahlpflichtfach Chemie in der Humanmedizin einen positiven Einfluss auf dein Gesundheitsbewusstsein bzw. -verhalten?

● 6 ● 5 ● 4 ● 3 ● 2 ● 1



Umfrage

	6	5	4	3	2	1	Summe	Max Zahl
Frage 1				3	6	3	24	2
Frage 2				4	6	2	26	2
Frage 3			2	4	1	5	27	1
Frage 4		1		4	4	3	28	3 und 2
Frage 5					6	6	18	1 und 2
Frage 6		1	1	5	3	2	32	3
Frage 7				1		11	14	1
Frage 8				1	3	8	17	1
Frage 9			1	4	7		30	2
Frage 10			1	7	2	2	31	3
Frage 11	1			1	2	8	21	1
Frage 12		1	1	1	4	5	25	1
Frage 13				3	3	6	21	1
Frage 14				3	2	7	20	1
Frage 15			2	3	3	4	27	1
Frage 16			3	4	2	3	31	3
Frage 17			1	2	3	6	22	1
Frage 18		1	1	2	5	3	28	2
Frage 19			1	3	2	6	23	1
Frage 20				1	3	8	17	1
Frage 21			1		3	8	18	1
Frage 22				2	5	5	21	1 und 2
	1	4	15	58	75	111		

Für die Umfragen wurde das Format mit den Single-Choice-Fragen gewählt, weil die Schülerinnen und Schüler noch von mir benotet werden bzw. bei mir maturieren. Ich kenne ihre Handschrift und habe so versucht, eine anonyme Umfrage zu ermöglichen, um die Validität der Umfrage zu erhöhen. Die Validität dieser Umfrage ist zu bedenken, weil die Umfragegruppe sehr klein war und trotz meiner Bemühungen um eine größtmögliche Anonymität der Teilnehmenden die Schülerinnen und Schüler wussten, dass diese Umfrage von mir ausgewertet wird.

Es wäre, um wirklich aussagekräftige Ergebnisse zu erhalten, eine größere Gruppe und eine langjährige Studie nötig. Ich hoffe durch diese Evaluationen einen Ausgangspunkt für weitere Untersuchungen zu schaffen.

Die höchste Zustimmung findet sich bei den Fragen 7, 8, 20, 21 und 5. Die niedrigste Zustimmung findet sich bei den Fragen 6, 16, 10 und 9. Nach der Selbsteinschätzung der Schülerinnen und Schüler stimmen sie folgenden Fragen sehr stark zu:

Frage 7: Hat das Wahlpflichtfach Chemie in der Humanmedizin dazu beigetragen zu verstehen, dass Ernährung einen grundlegenden Einfluss auf die Gesundheit und das Wohlbefinden von Menschen hat?

Frage 8: Hat das Wahlpflichtfach Chemie in der Humanmedizin dein Verständnis, dass ausgewogene Ernährung das Risiko für viele chronische Erkrankungen reduzieren kann, gefördert?

Das Ziel des Unterrichts war es, ein auf Fakten basierendes Selbstbild zu fördern und im besten Fall zu einem gesünderen Leben beizutragen. Nach der Selbsteinschätzung der Schülerinnen und Schüler könnte dies gelungen sein.

Frage 20: Hat das Wahlpflichtfach Chemie in der Humanmedizin dazu beigetragen zu verstehen, dass nicht alle erhobenen Messwerte möglich oder gar sinnvoll sind.

Ich habe zuvor gefordert, dass es im Sinne eines *informed consent* nötig ist, dass die Schülerinnen und Schüler nicht nur lernen, ihre Werte in die vorgegebenen Literaturwerte einzuordnen und die sich daraus ergebenden möglichen Implikationen zu verstehen, sondern auch erkennen, dass nicht alle Werte möglich oder gar sinnvoll sind. Nach der Selbsteinschätzung der Schülerinnen und Schüler dürfte dies gelungen sein.

Frage 21: Bist du der Meinung, dass die Bearbeitung der Inhalte der Klinischen Chemie im Speziellen und die der Medizinischen

Wissenschaften im Allgemeinen im Unterricht sinnvoll und erstrebenswert sind?

Eine der Thesen dieser Arbeit lautete, dass ein wissenschaftliches und evidenzbasiertes Selbstbild in den Unterricht sinnvoll integriert werden kann. Zumindest nach der Selbsteinschätzung der Schülerinnen und Schüler dürfte dies gelungen sein. Ein Ziel dieser Arbeit ist es, zu überprüfen, ob eine Bearbeitung der Inhalte der Klinischen Chemie im Speziellen und die der Medizinischen Wissenschaften im Allgemeinen nicht nur sinnvoll und erstrebenswert ist, sondern über diese Arbeit und meine Unterrichtstätigkeit hinaus weiter betrieben werden sollte. Nach der Selbsteinschätzung der Schülerinnen und Schüler könnte dies gelungen sein.

9.1. Informeller Test

Diese Fragen orientieren sich zum Teil an den Gesundheitszielen für Österreich (vgl. Gesundheitsziele Österreich 2018).

1) Der pH-Wert von frischem Urin von Gesunden schwankt zwischen

Diese Frage konnten 10 von 10 Schülerinnen und Schüler richtig beantworten.

2) Bei fleischreicher Kost, Abbau endogener Proteine, Hunger und hohem Fieber liegt der pH-Wert des Urins eher im

Diese Frage konnten 9 von 10 Schülerinnen und Schüler richtig beantworten.

3) Bei gemüsereicher Kost (z.B. VeganerInnen und VegetarierInnen) liegt der Urin eher im

Diese Frage konnten 9 von 10 Schülerinnen und Schüler richtig beantworten.

4) Der Ammoniak-Geruch von Urin ist

Diese Frage konnten 7 von 10 Schülerinnen und Schüler richtig beantworten.

5) Frischer Urin von Gesunden sollte ... sein

Diese Frage konnten 7 von 10 Schülerinnen und Schüler richtig beantworten.

6) Die Blutpuffer halten den pH-Wert im Blut im

Diese Frage konnten 9 von 10 Schülerinnen und Schüler richtig beantworten.

7) Der pH Wert im Blut liegt bei Menschen und anderen Säugetieren bei

Diese Frage konnten 9 von 10 Schülerinnen und Schüler richtig beantworten.

8) Bei Hominiden entsteht Harnsäure als Endprodukt des/der

Diese Frage konnten 8 von 10 Schülerinnen und Schüler richtig beantworten.

9) Harnsäure ist ... in Wasser löslich.

Diese Frage konnten 6 von 10 Schülerinnen und Schüler richtig beantworten.

10) Die Oxalsäure ist ... in Wasser löslich.

Diese Frage konnten 7 von 10 Schülerinnen und Schüler richtig beantworten.

11) Die Oxalsäure wurde erstmals von ... synthetisiert.

Diese Frage konnten 7 von 10 Schülerinnen und Schüler richtig beantworten.

12) Die Ernährung übt ... Einfluss auf die Gesundheit und das Wohlbefinden von Menschen in allen Lebensphasen aus.

Diese Frage konnten 10 von 10 Schülerinnen und Schüler richtig beantworten.

13) Durch eine ausgewogene Ernährung kann das Risiko für viele chronische Erkrankungen (insbesondere Herz-Kreislauf-Erkrankungen, Diabetes) ... werden.

Diese Frage konnten 10 von 10 Schülerinnen und Schüler richtig beantworten.

14) Eine gesundheitsförderliche Ernährung mit hochwertigen Lebensmitteln muss für ... zugänglich sein.

Diese Frage konnten 10 von 10 Schülerinnen und Schüler richtig beantworten.

15) Regelmäßige körperliche Aktivität beeinflusst Gesundheit ...

Diese Frage konnten 10 von 10 Schülerinnen und Schüler richtig beantworten.

16) Homöostase ist die ... eines Körperzustandes.

Diese Frage konnten 9 von 10 Schülerinnen und Schüler richtig beantworten.

17) Svante Pääbo und sein Team konnten einen Genfluss ... nachweisen.

Diese Frage konnten 10 von 10 Schülerinnen und Schüler richtig beantworten.

18) Der orale Glukosetoleranz-Test dient der Diagnostik ...

Diese Frage konnten 9 von 10 Schülerinnen und Schüler richtig beantworten.

19) Der orale Glukosetoleranz-Test führt zu einer/m ... der Blutglukosekonzentration.

Diese Frage konnten 5 von 10 Schülerinnen und Schüler richtig beantworten.

20) Körperliche Aktivität ... psychisches und körperliches Wohlbefinden.

Diese Frage konnten 10 von 10 Schülerinnen und Schüler richtig beantworten.

Die Schülerinnen und Schüler konnten ohne Vorbereitung und teilweise nach einem Jahr einen großen Teil der Fragen richtig beantworten. Dies gibt Anlass zur Hoffnung, dass die zentralen geforderten Inhalte des Unterrichts verstanden wurden.

10. Diskussion

Ziel dieser Arbeit war es, dass eine Bearbeitung der Inhalte der Klinischen Chemie im Speziellen und die der Medizinischen Wissenschaften im Allgemeinen nicht nur sinnvoll und erstrebenswert ist, sondern über diese Arbeit und meine Unterrichtstätigkeit hinaus weiter betrieben werden sollte. Die Bedeutung der Medizinischen Wissenschaft für die Schule ist groß. Die Klinische Chemie kann im Naturwissenschaftlichen Unterricht wertvolle Beiträge liefern. Aus unterschiedlichen Gründen sind nicht alle von mir in diesem Zusammenhang erarbeiteten und in der Schule umgesetzten Inhalte hier dargestellt. Diese Arbeit ist vielmehr ein Einblick in eine Thematik, die noch viel Ausarbeitung bedarf, aber von hohem didaktischem Wert ist. Folgende Themengebiete würden sich in diesem Kontext zur Ausarbeitung anbieten:

- Kognitionspsychologie
- Neurowissenschaft
- Evolutionäre Geschichte
- Evolutionäre Genetik
- Hormone
- Der Darm und seine Ausscheidungen
- Die CRISPR Methode
- Wissenschaftliche Weltbilder und Selbstbilder

In den letzten Jahren gibt es den Trend, dass zahlreiche renommierte Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler verständliche und lesbare Sachbücher für eine nichtwissenschaftliche Öffentlichkeit verfassen. Hier werden einige vorgestellt, die mir für meinen Unterricht und die Zielsetzung dieser Arbeit geeignet erschienen und die ich im Unterricht verwendet habe:

- *Schnelles Denken, langsames Denken* von Nobelpreisträger Daniel Kahneman
Eine Einführung und ein Überblick über die Prozesse, die das Denken von Menschen beeinflussen. Im Sinne der wissenschaftlichen Selbstreflexion und -erkenntnis des eigenen Denkens hilfreich (vgl. Kahneman 2017).

- *The Brain: Die Geschichte von dir* von David Eagleman

Dieses Buch stellt die neueren Fortschritte in der Hirnforschung verständlich dar und beschäftigt sich mit der Frage, was es bedeutet, ein Lebewesen und Mensch zu sein (vgl. Eagleman 2017).

- *Enlightenment Now* von Stephen Pinker

Pinker schreibt in diesem Werk über die Ideale von Wissenschaft, Vernunft und Aufklärung. Der Autor beschreibt, welche Auswirkungen die Ideen und Errungenschaften der Wissenschaft und Aufklärung auf unsere Gesundheit und unser Selbstbild haben und hatten. Dieser Einfluss wird Pinkers Ansicht nach bis heute unterschätzt und zu wenig in politischen Diskursen, aber auch im Unterricht, bedacht (vgl. Pinker 2018).

- *Testosterone: Sex, Power, and the Will to Win* von Joe Herbert

Herbert erklärt in diesem Buch die evolutionäre Bedeutung von diesem Hormon. Er erläutert anschaulich, was Testosteron ist und welche Auswirkungen es auf den weiblichen und männlichen Körper hat bzw. haben kann. Dieses Buch eignet sich als Ausgangspunkt, um Testosteron als Arzneimittel im Unterricht zu besprechen. Ich machte im Zuge des Wahlpflichtfaches auch Speicheltests auf Hormone und besprach die Validität solcher Tests (vgl. Herbert 2015).

- *Eine kurze Geschichte der Menschheit* von Yuval Noah Harari

Dieses Buch enthält eine naturwissenschaftlich geprägte Zusammenfassung der Geschichte und Entwicklung des Homo sapiens. Für das Selbstbild der Schülerinnen und Schüler ist das essentiell, da sie ihre Existenz auch in einem historischen Kontext wahrnehmen können. Dieses Buch schlägt die Brücke zwischen den Erkenntnissen der modernen Naturwissenschaften und der Geschichtswissenschaft (vgl. Harari 2015).

- *Die Neandertaler und wir. Meine Suche nach den Urzeit-Genen* von Svante Pääbo

Der Mediziner und Biologe Svante Pääbo prägte das wissenschaftliche Selbst- und Weltbild des Homo sapiens neanderthalensis nachhaltig. Die Veröffentlichung

einer ersten Version der Genomsequenz des Neandertalers im Magazin Science veränderte die Selbstwahrnehmung der Menschen (vgl. Pääbo 2015).

Im Genom einiger heute lebender Menschen finden sich Teile der DNA vom Neandertaler. Das bedeutet, Menschen und Neandertaler vermischten sich. Daraus ergibt sich die Frage, ob die Bezeichnung für viele Europäerinnen und Europäer noch treffend ist oder wir nicht besser von *Homo sapiens neanderthalensis* sprechen sollten. Es soll damit auf die zentrale Erkenntnis hingewiesen werden, dass die Abgrenzungen zwischen den verschiedenen Homos nicht so klar ist, wie lange vermutet wurde. Diese Thematik wurde unter anderem deshalb, weil sie bei den Schülerinnen und Schülern auf großes Interesse stieß, im Unterricht ausführlich besprochen. Um einen für die Lernenden wichtigen Bezug zu ihrem Alltag zu finden, machte ich selbst einen DNA-Test und besprach meinen Anteil an Neandertaler-DNA mit ihnen. Ein Teil dieser Auswertung findet sich unter Anhang 5. Dieses Beispiel eignet sich, um die Vorteile und Gefahren von genetischen Analysen mit den Schülerinnen und Schülern zu diskutieren.

- *A Crack in Creation: Gene Editing and the Unthinkable Power to Control Evolution* von Jennifer Doudna und Samuel Sternberg

Jennifer Doudna und Samuel Sternberg erläutern in ihrem Buch die CRISPR-Methode, die es ermöglicht, DNA gezielt zu schneiden und zu verändern. Es ist wichtig, dass in der Schule wichtige und rezente Methoden der wissenschaftlichen Forschung genauso erarbeitet werden wie historisch relevante. Dieses Buch liefert einen solchen rezenten Ein- und Überblick (vgl. Doudna und Sternberg 2017).

- *Darm mit Charme: Alles über ein unterschätztes Organ* von Giulia Enders

Dieses Buch zeigt, wie die ansonsten weniger populären Themen der Klinischen Chemie wie Kot und Darm attraktiv und verständlich dargestellt werden können. Die im Buch behandelten Themen passen zu den Inhalten dieser Arbeit und des beschriebenen Wahlpflichtfaches (vgl. Enders 2014).

- *Die Henne und das Ei: Auf der Suche nach dem Ursprung des Lebens und Die Erfindung des Menschen: Wie wir die Evolution überlisten* von Renée Schroeder

Dieses Wissenschaftsbuch des Jahres 2012, Kategorie Medizin und Biologie, beschäftigt sich mit der Frage, was der Mensch ist. Die Autorin beschäftigt sich mit der Frage, wie unsere DNA entstanden ist. Sie stellt den Disput zwischen Glauben und Wissensgesellschaft anschaulich dar. Die Frage nach dem Ursprung des Lebens ist eine, die Schülerinnen und Schüler bewegt und dazu dienen kann, sich mit dem eigenen Selbstbild auseinanderzusetzen. Die Bücher von Renée Schroeder waren Inspiration zum Verfassen dieser Arbeit. Ihre Forderung nach einem neuen wissenschaftlichen und evidenzbasierten Selbstbild und Weltbild ist wichtig und sollte umgesetzt werden (vgl. Schroeder 2011).

Eine der Thesen dieser Arbeit lautet deshalb, dass ein wissenschaftliches und evidenzbasiertes Selbstbild durch die Auseinandersetzung mit den Medizinischen Wissenschaften und der Klinischen Chemie im Besonderen im Unterricht vermittelbar ist und einen positiven Beitrag zum Gesundheitsbewusstsein liefern kann. Diese These bewahrheitete sich zumindest zum Teil. Genauer lässt sich erst am Ende des ersten Durchgangs des Wahlpflichtfaches Chemie in der Humanmedizin im Jahr 2019 und dessen endgültiger Evaluierung sagen. Die Evaluierung durch die Studierenden, die an den Schulversuchen III teilnahmen, war überwiegend positiv. Eine valide Evaluierung wäre erst durch ein mehrjähriges Projekt mit ausreichender Anzahl an Teilnehmerinnen und Teilnehmer möglich.

11. Literaturverzeichnis

Bundesministerium für Bildung und Forschung (2017): Das Meer wird allmählich versauern, [online]

<https://www.bmbf.de/de/das-meer-wird-allmaehlich-versauern-5105.html>
[05.12.2017].

Bundesministerium für Unterricht und Kunst (2018): Bundesrecht konsolidiert: Gesamte Rechtsvorschrift für Lehrpläne – allgemeinbildende höhere Schulen, [online]

<https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=10008568> [28.03.2018].

Bundesministerium für Arbeit, Soziales, Gesundheit und Konsumentenschutz (2018): Gesundheitsziele Österreich, [online] <https://gesundheitsziele-oesterreich.at> [21.11.2018].

Dörner, Klaus, Thomas Deufel, Renate Dörner, Elisabeth Haschke-Becker, Hans Jürgen Hepper, Michael Kiehntopf, Dietrich Klingmüller, Helmut Löffler, Dieter Lütjohann, Katharina Madlener, Bernd Pötzsch, Lennart Roggenbuck und Rudolf Sommer (2013): *Klinische Chemie und Hämatologie*, 8. Aufl., Stuttgart: Thieme.

Doudna, Jennifer A. und Samuel H. Sternberg (2017): *A Crack in Creation. Gene Editing and the Unthinkable Power to Control Evolution*, New York: Houghton Mifflin Harcourt.

Drechsler-Köhler, Beate, Jens Salzner und Günter Wagner (2011): *Arzneimittel und Chemie. Unterrichtsmaterialien für einen zeitgemäßen Chemieunterricht*, Leverkusen, Bayer Vital GmbH.

Eagleman, David (2017): *The Brain. Die Geschichte von dir*, München: Pantheon.

Enders, Giulia (2014): *Darm mit Charme. Alles über ein unterschätztes Organ*, Berlin: Ullstein.

Grote, Andreas (2017): Gicht: Völlern, bis die Niere streikt, [online]
derstandard.at/2000067103479/Gicht-Voellern-bis-die-Niere-streikt [05.11.2017].

Hallbach, Jürgen (2011): *Klinische Chemie und Hämatologie. Biomedizinische Analytik für MTLA und Studium*, 3. Aufl., Stuttgart: Thieme.

Harari, Yuval N. (2015): *Eine kurze Geschichte der Menschheit*, München: Pantheon.

Herbert, Joe (2015): *Testosterone. Sex, Power, and the Will to Win*, Oxford: Oxford University Press.

Kahneman, Daniel (2017): *Schnelles Denken, langsames Denken*, München: Penguin Verlag.

Kalbacher, Hubert, Josef Leibold und Jennifer Müller (2017): Chemisches Praktikum für Mediziner, [online]
<http://www.kalbacher.uni-tuebingen.de/lehre/skript/Kurstag03.pdf> [12.10.2017].

Kolbert, Elisabeth (2015): *Das sechste Sterben. Wie der Mensch Naturgeschichte schreibt*, Berlin: Suhrkamp.

Österreichische Chemieolympiade (2017): Skripten, [online]
<http://www.oecho.at/de/materialien/skripten/> [01.22.2018].

Pääbo, Svante (2015): *Die Neandertaler und wir. Meine Suche nach den Urzeit-Genen*, Frankfurt am Main: Fischer Taschenbuch.

Pinker, Steven (2018): *Enlightenment Now. The Case for Reason, Science, Humanism, and Progress*, New York: Penguin Verlag.

Ripple, William J., Christopher Wolf, Mauro Galetti, Thomas M Newsome, Mohammed Alamgir, Eileen Crist, Mahmoud I. Mahmoud und William F. Laurance (2017): World Scientists' Warning to Humanity: A Second Notice, [online] http://scientistwarning.forestry.oregonstate.edu/sites/sw/Warning_article_with_supp_11-13-17.pdf [02.02.2018].

Schroeder, Renée (2011): *Die Henne und das Ei. Auf der Suche nach dem Ursprung des Lebens*, 2. Aufl., St. Pölten: Residenz Verlag.

Schroeder, Renée (2016): *Die Erfindung des Menschen. Wie wir die Evolution überlisten*, Salzburg: Residenz Verlag.

Stainzer Flascherzug (2016): Stainzer Flascherzug, [online] <http://www.flascherzug.at> [19.09.2017].

Uni Köln Zentrum Biochemie (2017): Nukleinsäure, [online] <http://www.uni-koeln.de/med-fak/biochemie/biomed/versuche/v07.pdf> [03.12.2017].

Universität Wien Fachdidaktik Chemie(2017): Chemische Schulversuche aus Allgemeiner und Anorganischer Chemie, [online] https://fdchemie.univie.ac.at/fileadmin/user_upload/fd_zentrum_chemie/Arbeitsanleitungen_Schulversuche_AC/Woche8.pdf [21.11.2017].

Wächter, Michael (2011): *Chemielabor. Einführung in die Laborpraxis*, Weinheim: Wiley-VCH Verlag.

Walther, Stefan (2017): Blutpuffer, [online] <https://www.swisseduc.ch/chemie/labor/blutpuffer/docs/blutpuffer.pdf> [12.10.2017].

12. Anhang

Anhang 1

ARBEITSBLATT: MANGANOMETRIE

QUANTITATIVE ANORGANISCHE ANALYSE / REDOXTITRATIONEN

Name:

Datum:.....

GERÄTE: 3 Titrierkolben,
1 Bürette 25 ml
1 Pipette 25 ml
1 Pipettierhilfe
1 Meßglas 50 ml
1 Thermometer 100°C
1 Rührmotor
1 Rührmagnet
Heizplatten

CHEMIKALIEN: Kaliumnitrit KNO_2
Natriumnitrit NaNO_2
Schwefelsäure verd. (1 mol/l)
Kaliumpermanganat-Titer
(KMnO_4 : $c = 0,02 \text{ mol/l}$)

AUFGABENSTELLUNG: Bestimmung von Salpetriger Säure bzw. Nitriten.

Salpetrige Säure und Nitrite werden in schwefelsaurer Lösung durch Kaliumpermanganat zu Salpetersäure bzw. Nitraten oxidiert und zwar nach folgender Gleichung:



Da aber beim Ansäuern selbst sehr verdünnter Nitritlösungen ein Teil der Salpetrigen Säure sich zersetzt und auch während der Titration durch Luftsauerstoff oxidiert werden kann, lässt man die verdünnte Nitritlösung in eine abgemessene Menge angesäuerter Permanganatlösung langsam eintropfen, bis diese entfärbt ist.

ARBEITSVORSCHRIFT:

Von dem zu untersuchenden Nitrit bereitet man eine Lösung, deren Konzentration

annähernd 0,1 mol/l ist, indem man von Natriumnitrit etwa 0,66 g oder von Kaliumnitrit etwa 0,85 g in einem 100 ml Maßkolben genau eingewägt und nach Auffüllen mit Wasser gut durchgeschüttelt.

Nach Einfüllen dieser Lösung in eine Bürette titriert man damit eine in einem Titrierkolben befindliche und auf 40°C erwärmte Mischung von 25 ml KMnO_4 Titer, 40 ml Schwefelsäure (Meßglas) und 100 ml Wasser.

Besonders gegen Ende der Titration, wenn die Permanganatfarbe nur noch schwach ist, muss die Nitritlösung sehr langsam und unter gutem Rühren zugegeben werden. Diese Titration ist insgesamt drei Mal auszuführen.

ARBEITSBLATT: FOTOMETRIE

Name:

Datum:

FOTOMETRIE:

Prinzip:

Farbige, nicht selbstleuchtende Stoffe absorbieren einen Teil des auftreffenden weißen Lichtes. Die Lage der Absorptionsstellen im Spektrum gibt Hinweise auf die Art und die Struktur der Teilchen des Stoffes, die Stärke der Absorption kann insbesondere bei farbigen Lösungen zur Konzentrationsbestimmung verwendet werden.

Die Grundlage für die Messung der Strahlenabsorption ist das

Lambert-Beersche Gesetz:

$$I = I_0 \cdot 10^{-\epsilon \cdot c \cdot d}$$

Dabei bedeuten (siehe auch Skizze):

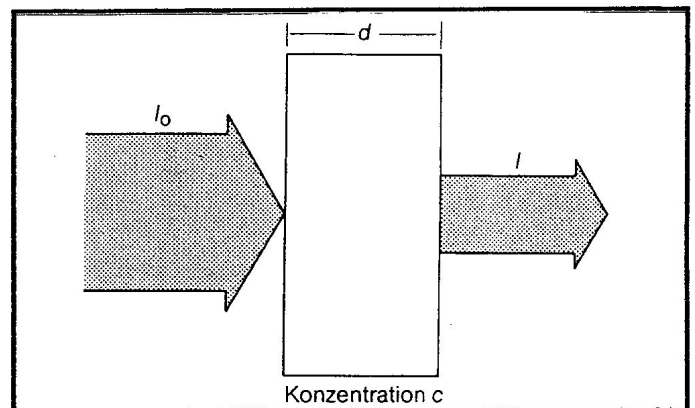
I_0 : Intensität der auftreffenden Strahlung

I : Intensität der durchgelassenen Strahlung

c : Konzentration der Lösung

d : Dicke der durchstrahlten Schicht

ϵ : Molarer Extinktionskoeffizient.



Der Extinktionskoeffizient ist stark von der Wellenlänge abhängig. Deshalb müssen zunächst die Absorptionsstellen der zu untersuchenden Lösung (das **Absorptionsspektrum**) aufgenommen werden.

Für Konzentrationsmessungen wird dann im Absorptionsmaximum gemessen.

Das Lambert-Beersche Gesetz kann zu $E = \epsilon \cdot c \cdot d$ umgeformt werden.

Die hier vorkommende **Extinktion E** wird durch die Beziehung dargestellt: $E = -\log_{10} T$

$T\%$: prozentuale Transmission (am Gerät abzulesen) $T = I / I_0$

Bei bestimmter Wellenlänge und konstanter Dicke d besteht also ein linearer Zusammenhang zwischen Extinktion und der Konzentration.

Damit lassen sich für die einzelnen Stoffe **Eichkurven** aufstellen und

Konzentrationsbestimmungen für Lösungen unbekannter Konzentration durch Feststellen der Extinktion (der prozentualen Transmission) durchführen.

Geräte: Spektralfotometer

Reagentien: Cobaltnitrat-Lösung ($\text{Co}(\text{NO}_3)_2$; $c = 1 \text{ mol/l}$)

Küvetten

5 Meßkolben 100 ml

Bürette 10 ml

Durchführung:

a) ABSORPTIONSSPEKTRUM:

Aus der Bürette werden genau 10 ml Cobaltnitratlösung in einen 100 ml Maßkolben fließen gelassen, dort auf 100 ml aufgefüllt und gut durchgeschüttelt. Diese Co-Lösung hat jetzt die Konzentration $c = 0,1 \text{ mol/l}$. Eine Küvette wird mit Wasser, die andere mit Cobaltnitratlösung $c = 0,1 \text{ mol/l}$ gefüllt und im Spektralfotometer die prozentuale Transmission T in Abhängigkeit von der Wellenlänge in Schritten von 10 nm bestimmt.

Bei jeder Wellenlänge wird zunächst das reine Lösungsmittel Wasser durchstrahlt, hier sollte die Transmission 100 % sein (am Gerät jeweils einstellen). Anschließend wird die Cobaltnitratlösung in den Strahlengang gebracht und die Werte für die Transmission T und die Wellenlänge in eine Tabelle eingetragen.

Wellenlänge (nm)	Transmission $T(\%)$
450	80,0
440	78,0
430	76,5

Die Werte sind in ein **Diagramm** zu übertragen und die **Wellenlänge** der größten Absorption (=kleinste Transmission) zu bestimmen.

b) EICKURVE:

Von der Cobaltnitratlösung $c = 1 \text{ mol/l}$ werden jeweils in einen 100 ml Maßkolben

10 7,5 5,0 2,5 1,0 ml

fließen gelassen, dann wird mit Wasser aufgefüllt und gut durchgeschüttelt.

Damit haben Sie (mit der unter Punkt a) hergestellten Lösung) insgesamt fünf Lösungen in den Konzentrationen

0,1 0,075 0,05 0,025 0,01 mol/l

Am Spektralfotometer wird die in a) bestimmte Wellenlänge maximaler Absorption eingestellt

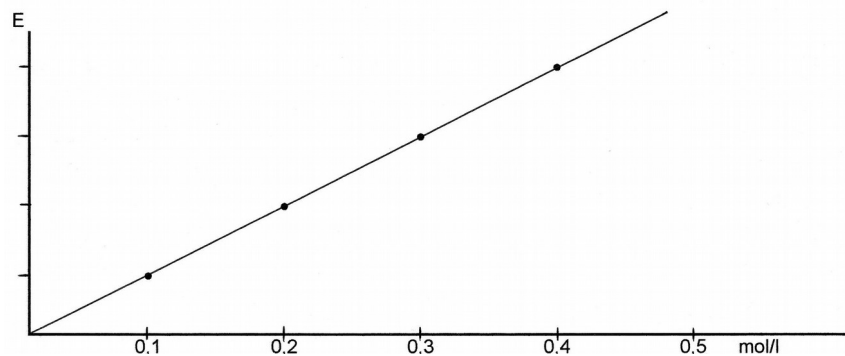
und die Transmissionen gemessen.

Legen Sie eine Tabelle folgenden Aussehens an:

c (mol/l)	T (%)	E (berechnet)
0,1	61,0	0,2147
0,2	38,5	0,4145
0,3	24,5	0,6108

Dann wird in einem Diagramm die Konzentration c gegen die Extinktion E aufgetragen.

Beispiel für eine ideale Eichkurve:



c) KONZENTRATIONSBESTIMMUNG:

Vorgegebene Lösungen kommen in je eine Küvette, die zugehörigen Transmissionen werden gemessen und die Extinktionen daraus berechnet. In der Eichkurve kann die zugehörige **Konzentration abgelesen** werden. Wichtig ist dabei, daß am Fotometer gegenüber der Einstellung zur Erstellung der Eichkurve nichts verändert wird.

Co²⁺ - Gehalt der Probe 1 :..... mol/l

Co²⁺ - Gehalt der Probe 2 :..... mol/l

Anhang 3

Protokoll zum 24. November 2017 von Köfer, Masser und Strunz

Makroskopische Urinbeurteilung

Durchführung:

Vgl. Skript

Ergebnisse der bereitgestellten Urinproben:

Urinprobe	Farbe	Geruch	Ursache	pH-Wert
1	Trüb gelb-braun	NH ₃ , sehr süß	Bakterien in Harnweg	10
2	helles orange	süßlich	Fieber, Blasenentzündung	4,1
3	Klar, farblos	sehr süß, starker Acetongeruch	Hunger, Diabetes	4,2
4	orange-rot	leicht sauer/süß	Rote Rüben, Hämoglobin, Erythrozyten, Porforin	3,3
5	Wasserklar	Nichts enthalten	Diabetes insipidus, viel getrunken (wegen des pH-Wertes möglicherweise Vegetarier mit Harnwegsinfektion)	11,9
6	braun, flockig, trüb	NH ₃	Bakterien in Harnwegen, Nubekula (wegen der Färbung möglicherweise Porforin, Methhämoglobin, Melanin, L-Dopa)	9,9
7	trüb, orange-gelb (ähnlich Probe 1)	sehr süß (erinnert an Apfelsaft)	Bakterien in Harnweg	10
8	orange-gelb, klar	Essigsäure	Fieber	3,6

9	weiße Flocken am Boden, strohgelb	NH ₃	Bakterien, Bakterien in Harnweg	4,3
10	milchig, weiß	Aceton	Fetttröpfchen -> Chylurie Lipurie (wegen des Geruchs Hunger, Diabetes, Ketonurie)	6,9
11	intensiv gelb, leichte Trübung	Aceton	wegen der Färbung: Flavinwert hoch (Vitamin B ₂) wegen der Trübung: Purate im sauren Urin	3,8
12	wasserklar	Aceton, NH ₃	Diabetes insibitus, viel getrunken, Fieber (sauer)	3,3

Die Menge, Farbe, Klarheit und der Geruch sind wichtige Mittel für die Analyse von Urin. In der Schule sind sie anschauliche Eigenschaften die zur allgemeinen Analyse von Stoffen, hier im speziellen Urin, herangezogen werden können. Sie eignen sich für die Vertiefung von Nachweisreaktionen und eine Darstellung der Alltagsrelevanz von chemischen Analysen.

Der frische Urin ist bei gesunden Menschen normalerweise klar und strohgelb. Im alkalischen Urin kann es beim Wasserlassen durch Calciumphosphat-Ausfällung zu Trübungen kommen. Hauptursachen für Trübungen sind: Eiter (Pyurie), Fetttröpfchen (Lipidurie), Lymphe (Chylurie), Calcium- phosphate im alkalischen Urin (Phosphaturie) und Natriumurate im sauren Urin (Uraturie).

Anmerkung:

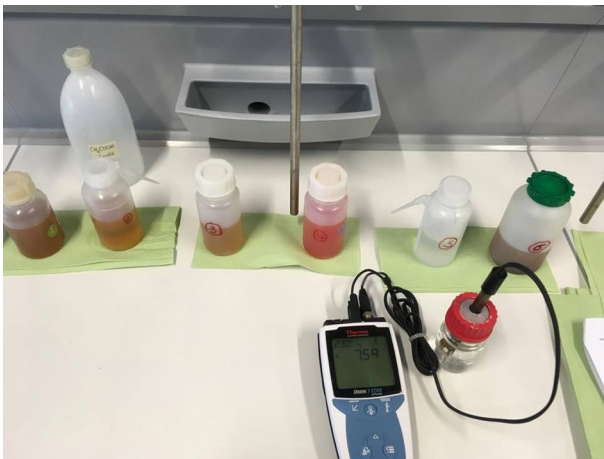
Es kommt durch längeres Stehenlassen und die Kühlung im Kühlschrank zu Trübungen und Entfärbungen im Urin. Meistens sind diese ohne pathologische Bedeutung.

Die Probe 1 wurde mit einer 3%-Essigsäure versetzt, wodurch die Trübung weniger und die Färbung heller wurde. Daraus lässt sich schließen, dass Phosphate und Carbonate gelöst wurden, aber auch, dass sich noch Leukozyten und Fette in der Harnprobe befinden, welche sich nicht in Essigsäure lösen lassen. Diese sind Verursacher der übrig gebliebenen Trübung.

Bei Proben, in denen ammoniakalischer Geruch festgestellt werden konnte, könnte man mit Hilfe von Kupfer einen Nachweis auf mögliche NH_3 -Moleküle durchführen.

Um dieses Experiment auszuweiten und in seiner Vollständigkeit durchzuführen, sollte man alle Nachweisreaktionen auf eventuelle Krankheiten oder Verunreinigungen machen. Jedoch würde das sehr viel Zeit in Anspruch nehmen, also wäre es ratsam, diesen Versuch nur dann heranzuziehen, wenn ausreichend Zeit zur Verfügung steht.

Durchaus positiv an diesem Experiment ist die Zugänglichkeit der SuS zum Stoff. Es soll ihnen zeigen, dass sowohl die Ernährung, als auch der Umgang mit dem eigenen Körper direkte Folgen nach sich zieht. Die SuS sollen das Fazit ziehen, dass sie selbst für ihre Gesundheit verantwortlich sind.



Urinanalyse pH-Wert

Der pH-Wert ist der Messwert für den Grad der sauren bzw. basischen Reaktion einer wässrigen Lösung. Dabei wird die Konzentration der in dieser Lösung enthaltenen Wasserstoffionen gemessen. Da der menschliche Körper zu 70 % aus Wasser besteht und sämtliche Stoffwechselreaktionen somit in einer wässrigen Umgebung ablaufen, kann man den pH-Wert dieser Flüssigkeiten messen, natürlich insbesondere jener Flüssigkeiten, die man ausscheidet, wie Speichel und Urin.

Der Säuregehalt des Urins schwankt in Abhängigkeit der Nahrung, eventuellen Krankheiten und der Tageszeit.

Originale Urinprobe:

Der Patient ist Vegetarier und vor kurzem gegen Grippe geimpft worden. Aufgrund der fleischlosen Ernährung wäre ein alkalischer Urin zu erwarten. Wegen der aktiven Immunisierung kann das Ausmaß der pH-Veränderung veranschaulicht werden. Um den pH-Wert des Urins zu überprüfen, wurde uns aufgetragen diesen mit Hilfe eines pH-Teststreifens zu analysieren. Hierzu wurde der Streifen in den Urin getaucht und kurz gewartet.

Beim Testen mit dem pH-Streifen konnte folgendes festgestellt werden:

Ketone	nein
Glukose	nein
Proteine	nein
Leukozyten	stark erhöht

Die Leukozyten-Werte sind aufgrund der Grippeimpfung und die daraus resultierende Immunreaktion stark erhöht. Außerdem war der Urin saurer als erwartet, was ebenfalls durch die Grippeimpfung begründet werden kann, da sie ja

eine Immunreaktion auslöst und leichtes Fieber verursachen kann. Alle weiteren Parameter waren nicht auffällig.

Bemerkung:

Anhand dieses Beispiels können die SuS die zuvor kennen gelernten Analysen an einer echten Urinprobe testen. Hier müssen sie das Erlernte verknüpfen können und aufgrund des zur Analyse notwendigen Teststreifens Abweichungen vom Richtwert interpretieren. Dieses Experiment gibt uns Lehrpersonen eine gute Vorlage, den SuS spielerisch den Stoff näherzubringen, wenn man ihnen beispielsweise die Möglichkeit, in die Rolle eines Mediziners zu schlüpfen, der nach einer Diagnose eines kranken Patienten sucht, gibt.

Hier bietet sich zur eventuellen Vertiefung der Materie ein fächerübergreifender Unterricht mit dem Unterrichtsfach Biologie oder Gesundheitslehre an.

Geschmacks Untersuchung

Probe	Farbe	Geruch	Geschmack
A	farblos, klar	geruchsneutral	quasi geschmackslos (Wasser)
B	farblos, klar	geruchsneutral	sehr sauer (Essig)
C	farblos, klar	süß, leichter Acetongeruch	sehr süß
D	helle Trübung, gelbe Färbung	leichter "Apfelsaft-Geruch"	süß, dezent nach Apfel schmeckend
E	leichte Trübung, gelbliche Färbung	süß	sehr süß (Diabetes)
F	gelb	"Apfelsaft-Geruch"	sehr sauer
G	gelb	leichter Ammoniakgeruch	leicht fahler Geschmack
H	gelb	süßer Geruch	sauer, bitter
I	gelb-orange	sehr süßer Geruch	sehr süß, leicht salzig, etwas metallischer Nachgeschmack (wie Süßstoff)
K	rot	süß	sehr ekelhaft, leichte süße und gleichzeitig bitter
L	rot	geruchsneutral	sehr sauer
M	rot	geruchsneutral, mit ganz leichter Süße	sehr süß, aber auch bitter und salzig
N	rot	sauer	sehr sauer, süß, salzig und bitter

Bemerkung:

Dies ist eine nette Auflockerung des Stoffes und für die SuS sicher interessant, wobei sie ihre mögliche Furcht vor dem teilweise übelriechenden Unbekannten und dieses auch noch zu kosten, erst überwinden müssen. Allerdings wäre es aus unserer Sicht sinnvoller, die Proben z.B. auf die Hälfte zu reduzieren, da sonst zu viel Zeit benötigt werden würde.

Mit einem abwechslungsreichen Experimentierprogramm und Experimenten, die etwas außergewöhnlich sind, wird das Interesse der SuS mit Sicherheit geweckt und ihre Aufmerksamkeit angefacht.






Tüpfel Untersuchung

Die Tüpfeluntersuchung bietet eine sehr aufschlussreiche und bereichernde Analyse verschiedener Stoffe im Bereich der analytischen Chemie. Ihre Vorteile zeigen sich in einfacher Arbeitsweise und gut ersichtliche Ergebnisse. Diese Methode der Untersuchung wäre mit Sicherheit eine gut durchzuführende Methode für SuS im Unterricht.

Man kann den SchülerInnen zuerst einmal Chemikalien geben, bei denen sie wissen, welche es sind und somit, welches Ergebnis dabei herauskommen sollte. So können sie die Reaktionen einfach einmal durchgehen und sich mit der Arbeitsweise vertraut machen. Wie oft in der Chemieolympiade kann man ihnen schließlich eine unbekannte Probe geben, die sie an Hand der einzelnen

SIR-KARL-POPPER-SCHULE – B. MAYR-SCHNÖLZER – A. REISSNER – M. STEINRÜCK – DR. EDWIN SCHEIBER – MAI2004/VERSION 2008

ORGANISCHE ANALYSE TABELLE

Reagenz	C-C	C=C	C≡C		R-OH				
Russbildung	schwach	mittel	stark	stark	schwach	schwach	schwach	schwach	stark
Reagenz: Phosphor	-	braun	braun	-	Prim., sek.: braun Tert. -	braun	-	-	braun
K ₂ Cr ₂ O ₇ /H ₂ SO ₄	-	-	-	-	Prim., sek.: blau-grün Tert. -	blau-grün	-	-	grün (oft)
FeCl ₃	-	-	-	-	-	-	-	-	Färbung
Br ₂ /H ₂ O	-	Entfärbung	Entfärbung	-	-	-	-	-	Entfärbung
Fehling	-	-	-	-	-	orange	-	-	orange
Tollens (Ag ⁺ /NH ₃)	-	-	-	-	-	Silberspiegel	-	-	Silberspiegel
Brady (2,4-Dinitrophenyl- hydrazin, 2,4-DNPH)	-	-	-	-	-	gelb bis rot	gelb bis rot	-	-
pH-Papier	-	-	-	-	-	-	-	sauer	(schwach) sauer
Weitere Nachweise	-	-	-	-	Crainbrotprobe Rot bis orange Grün	+ Schiffs Reagenz: Rosa-lila	-	+ HCO ₃ ⁻ oder CO ₃ ²⁻ : CO ₂ ↑	-

Reaktionen identifizieren müssen. Folgend die Tabelle mit den einzelnen Nachweisreaktionen:

Nr.	Ergebnis	Nachweise siehe Abbildung:
1	Essigsäure	
2	1-Butanol	
3	Methanal	
4	Phenol	
5	2-Butanol	
6	Ethanal	
7	tertiärer Butanol	
8	Aceton	
9	Hexan	

Bemerkung:

Diese spielerische Art der Nachweisreaktionen ist im kleinen Stil möglich und bewirkt, dass die SuS anhand von verschiedenen Ausfällungen und Komplexbildungs-Reaktionen Stoffe/Elemente nachweisen können.

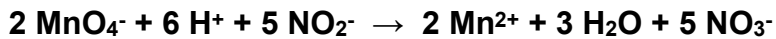
Im Unterricht ist eine verkürzte Form die ideale Möglichkeit, das Thema Analytik schülerfreundlich näher zu bringen. In sämtlichen chemiespezifischen Fächern ist dieser Block durchaus dafür geeignet, ihn zu vertiefen.

Manganometrie

Aufgabenstellung:

Es sollen Gehälter an Salpetriger Säure bzw. Nitriten bestimmt werden.

Salpetrige Säure und Nitrite werden mit Schwefelsäure versetzt und durch Kaliumpermanganat zu Salpetersäure bzw. Nitraten oxidiert.



Da aber beim Ansäuern verdünnter Nitritlösungen sich ein Teil der Salpetrigen Säure zersetzt, oder während der Titration bereits durch Luftsauerstoff oxidiert werden kann, wird die verdünnte Nitritlösung in eine abgemessene Menge angesäuerter Permanganatlösung langsam eingetropft, bis diese entfärbt ist.

Kaliumnitrit:

1. Einwaage an Nitrit:	0,880g Kaliumnitrit
2. Verbrauch an Nitrit :	11,2 ml
3. Massengehalt des Nitrits:	1,083%

Natriumnitrit:

Anmerkung:

Hier wird nur die Hälfte der KMnO_4 -Lösung verwendet (d.h.: 12,5 ml KMnO_4 -Lösung, 20 ml Schwefelsäure und 50 ml Wasser)

1. Einwaage an Nitrit:	0,663g Natriumnitrit
2. Verbrauch an Nitrit :	6,9 ml, also 13,8 ml
3. Massengehalt des Nitrits:	0,943%

Berechnung:

$$V(\text{KMnO}_4) = 0,025\text{L}$$

$$c(\text{KMnO}_4) = 0,02 \text{ mol/L}$$

$$M(\text{KNO}_2) = 85,103\text{g/mol}$$

$$M(\text{NaNO}_2) = 69,00\text{g/mol}$$

$$n(\text{KMnO}_4) = c(\text{KMnO}_4) \times V(\text{KMnO}_4) = 0,02 \text{ mol/L} \times 0,025\text{L} = \underline{0,0005}$$

mol

Pro mol KMnO_4 wird 2,5 mal so viel Kalium-/ Natriumnitrit umgesetzt:

$$0,0005\text{mol} \times 2,5 = 0,00125\text{mol Nitrit}$$

Kaliumnitrat : Verbrauch 11,2 ml

$$c = n/V = 0,00125\text{mol} / 0,0112\text{L} = 0,112\text{mol/l}$$

$$q = 8,8 \text{ g/l}$$

$$w = \frac{cxM}{q} = \underline{1,083\%}$$

Natriumnitrit: Verbrauch 13,8 ml

$$c = n/V = 0,00125\text{mol} / 0,0138\text{L} = 0,091\text{mol/l}$$

$$q = 6,63 \text{ g/l}$$

$$w = \frac{cxM}{q} = \underline{0,943\%}$$



Bemerkungen:

Besonders gegen Ende der Titration, wenn die pinke Farbe des Permanganats nur noch schwach ist, muss die Nitritlösung sehr langsam und unter gutem Rühren zugegeben werden. Diese Titration ist insgesamt dreimal auszuführen.

Die Titration ist eine gute Möglichkeit, um den SuS das Thema der Säuren und Basen näher zu bringen. Zudem können sie die Funktion eines Indikators visualisieren, um zu einer schnellstmöglichen Urteilsbildung über die pH-Werte gewisser Lösungen zu gelangen. Besonders gut ist diese Titration mit dem Thema Redoxreaktionen oder Säure-Basen Reaktionen zu verbinden. Des Weiteren kann die Bestimmung der Oxidationszahlen anhand dieses Beispiels ausführlich geübt werden.



Photometrie

Unsichtbare, farbige, nicht selbstleuchtende Stoffe absorbieren einen Teil des auftreffenden weißen Lichtes. Die Lage der Absorptionsstellen im Spektrum gibt Hinweise auf die Art und die Struktur der Teilchen des Stoffes. Die Stärke der Absorption kann insbesondere bei farbigen Lösungen zur Konzentrationsbestimmung verwendet werden.

Die Grundlage für die Messung der Strahlenabsorption ist das **Lambert-Beer'sche** Gesetz:

$$E_{\lambda} = -\ln\left(\frac{I}{I_0}\right) = c \cdot \epsilon_{\lambda} \cdot l$$

I_0 : Intensität der auftreffenden Strahlung
 I : Intensität der durchgelassenen Strahlung
 c : Konzentration der Lösung
 d : Dicke der durchstrahlten Schicht
 ϵ : Molarer Extinktionskoeffizient.

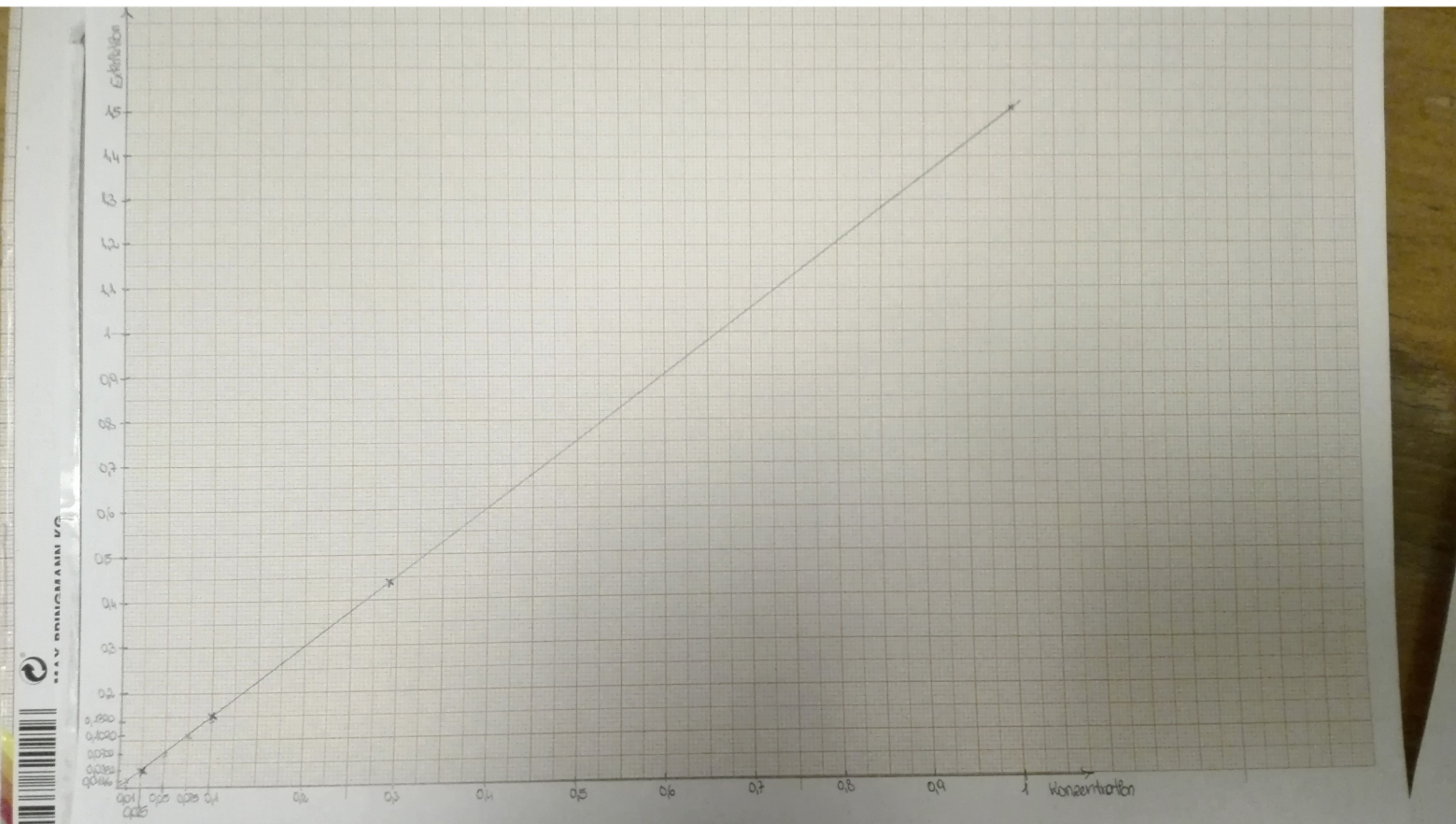
Durchführung:

Zur Ermittlung der drei unbekanntenen Proben wurden die Transmissionen der verschiedenen Lösungen der Verdünnungsreihe mittels Photometer bei 440 nm gemessen.

Die Verdünnungsreihe wurde mit folgenden Konzentrationen hergestellt:

Probe	Konzentration	Transmission	Absorption	Extinktion (E= -log T)
1	1 M	3,1	0,031	1,5086
2	0,1 M	72,6	0,726	0,1390
3	0,075 M	77,8	0,778	0,1090
4	0,05 M	85,1	0,851	0,0700
5	0,025 M	92,2	0,922	0,0352
6	0,01 M	96,7	0,967	0,0146

Mit folgender Eichgerade werden die von uns herausgefundenen Werte



beschrieben:

Konzentrationsbestimmung:

Vorgegebene Lösungen kommen in je eine Küvette, die zugehörigen Transmissionen werden gemessen und die Extinktionen daraus berechnet. In der Eichkurve kann die zugehörige Konzentration abgelesen werden. Wichtig ist dabei, dass am Photometer gegenüber der Einstellung zur Erstellung der Eichkurve nichts verändert wird (Leerwert/Blindwert gleich lassen!).

Probe	Transmission	Absorption	Extinktion	Konzentration
A	92,1	0,921	0,0357	0,025 M
B	71,1	0,711	0,1481	0,1 M
C	36,4	0,364	0,4388	0,293 M

Bemerkung:

Die SuS sollen erkennen, dass man anhand eines Photometers stoffliche Konzentrationen bestimmen kann. Im Photometer werden die einzelnen Lösungen mit Licht einer bestimmten Wellenlänge (hier: 440 nm) bestrahlt. Mit Hilfe der Absorption, beziehungsweise der Extinktion kann man durch Berechnungen zur gesuchten Konzentration gelangen. Im regulären Unterricht ist diese Konzentrationsmessung vielleicht zu Zeitaufwendig, weshalb sie eher im vertiefenden Unterricht diskutiert werden sollte und durchzuführen wäre.



Stundengestaltung zum Chemieunterricht

Bezüglich der beiden Stundengestaltungen haben wir uns für ein außerordentliches Experiment, und zwar den Stärkeabbau durch Enzyme und Säure, entschieden. Es erscheint uns ein gutes Thema mit großem Alltagsbezug für die SuS zu sein, der unbedingt nähergebracht werden soll. Schließlich ist in vielen Pflanzen und Nahrungsmitteln Stärke enthalten. An Hand des Versuches sollen die SchülerInnen sehen, was im Körper passiert, wenn sie etwas Stärkehaltiges Essen. Ohne Essen überlebt kein Lebewesen und so ist dies ein sehr wichtiges Thema und die Biochemie prinzipiell sehr wichtig, damit den SchülerInnen klar wird, was in ihrem Körper alles passiert.

Durchzuführen wäre dieses Experiment in der Sekundarstufe II, wenn das Thema der Kohlehydrate behandelt wird.

Der Versuch kann im Normalunterricht durchgeführt werden, um den Stärkeabbau im Körper näher zu bringen und ihn zu visualisieren. Jedoch wäre es ratsam, ihn nicht in seiner Vollständigkeit durchzuführen.

Didaktischer Hintergrund:

Im Lehrplan ist dieser Versuch in der Qualifikationsphase im Bereich der Kohlenstoffchemie II: „Technisch und biologisch wichtige Kohlenstoffverbindungen“ einzuordnen. In diesem Bereich ist das Thema Kohlenhydrate ein Schwerpunkt, zu dem unter anderem auch die Nachweisreaktionen der Kohlenhydrate behandelt werden sollten.

Damit die SchülerInnen diesen Versuch nachvollziehen können, müssen sowohl die Grundlagen, der Aufbau und die zwei Nachweise der Kohlenhydrate im Vorhinein behandelt worden sein. Dies liefert die Grundlage für die richtige Interpretation der Messergebnisse.

Des Weiteren wäre es von Vorteil, wenn die SchülerInnen den Vorgang des Stärkeabbaus und einen kleinen Einblick in die Komplexchemie bekommen haben, sodass sie die entstanden Färbung und vor allem die Farbveränderung wirklich verstehen. Das Spalten von glykosidischen Bindungen ist ein wichtiger Bestandteil zum Verständnis der Chemie der Kohlenhydrate.

Um Chaos vor allem in großen Schulklassen zu vermeiden, wäre es von Vorteil die SchülerInnen in kleineren Gruppen einzuteilen. Am geeignetsten sind unserer Meinung nach 3er Gruppen, da vor allem bei zu großen Gruppen Einige dazu verleitet sind, nichts zu tun, oder sich nur berieseln zu lassen. Des Weiteren sollten die wichtigsten Chemikalien bereits am Lehrertisch oder direkt am Platz vorbereitet sein, da SuS meist viel Zeit beim herräumen verschwenden. Einer der wichtigsten Punkt ist darauf hinzuweisen, dass SuS behutsam und nicht verschwenderisch mit den Chemikalien umgehen, speziell mit der konzentrierten Salzsäurelösung, da es hier schnell zu gravierenden Verletzungen kommen kann.

Das Schülerblatt dazu würde dann folgender Maßen aussehen:

Thema: Biochemie; Kohlenhydrate Stärkeabbau durch Enzyme und Säure

Dauer: ca. eine Stunde

Geräte

Reagenzgläser, Becherglas, Erlenmeyerkolben, Wasserbad (hier ist es sehr nützlich einen Wasserkocher zu verwenden), Herdplatte, Holzklammern und Pipetten

Chemikalien

Enzym aus der Bauchspeicheldrüse (Pankreatin), Wasser, Stärke (Maizena), Lugol'sche Lösung (Iod-Kaliumiodid- Lösung) und konz. Salzsäure (HCl)

Durchführung :

Abbau durch Enzyme:

Bevor die Versuche durchgeführt werden können muss eine Stärkelösung hergestellt werden, wobei in einem Erlenmeyerkolben oder Becherglas 1 ½ Spatelspitzen Maizena in 100 ml Wasser gelöst werden. Daraufhin wird der Wasserkocher aktiviert, sodass das Wasser ungefähr eine Temperatur zwischen 25-35°C hat.

10 ml der gefertigten Lösung werden in ein Reagenzglas überführt und mit dem Enzym versetzt. (**Achtung:** Hier muss schnell gearbeitet werden, da das Enzym sofort anfängt zu arbeiten und bei zu langsamer Durchführung ist ein Großteil der Stärke bereits vor der Messung abgebaut!).

Bevor das Reagenzglas mit der 10 ml Stärkelösung in den Wasserkocher gestellt wird, muss ein Tropfen in ein neues Reagenzglas überführt werden. Dieser Tropfen wird mit 3 ml Wasser und anschließend mit einem Tropfen Lugol'sche Lösung versetzt und die Veränderung notiert. Dann wird das Reagenzglas mit der 10 ml Stärkelösung in das Wasserbad gehalten, welches die Temperatur von 40 °C keinesfalls überschreiten darf.

(**Achtung:** Enzyme sind Proteine, die bei einem Temperaturoptimum arbeiten. Wird dieser Punkt überschritten, dh. die Körpertemperatur (ca. 37°C)

überschritten, so denaturieren diese. Aus diesem Grund ist es für den menschlichen Körper extrem Gefährlich Fieber zu haben, wenn die Körpertemperatur 40°C übersteigt. Eine Denaturierung ist ein irreversibler Prozess, da die Struktur und die dadurch bedingte Funktion des Enzyms zerstört werden. Zudem kommt es auch durch starker pH-Änderung zur Denaturierung.)

Sobald sich die 10 ml Stärkelösung im Wasserbad befindet werden alle 3-4 Minuten ein Tropfen in ein neues Reagenzglas überführt und erneut mit 3 ml Wasser und einem Tropfen Lugol'sche Lösung versetzt. Sobald es zu einem deutlichen Farbumschlag kommt werden alle 2 Minuten Proben nach der gleichen Vorgehensweise wie oben genannt, entnommen. Der Verlauf des Stärkeabbaus soll sowohl schriftlich als auch bildlich dokumentiert werden.

Beobachtung:

Erkenntnis/ Erklärung:

Das Schülerlösungsblatt wäre folgender Maßen aufgebaut:

<p style="text-align: center;">Thema: Biochemie; Kohlenhydrate Stärkeabbau durch Enzyme und Säure</p> <p style="text-align: center;">Dauer: ca. eine Stunde</p>
<p>Geräte Reagenzgläser, Becherglas, Erlenmeyerkolben Wasserbad (hier ist es sehr nützliche einen Wasserkocher zu verwenden), Herdplatte, Holzklammern und Pipetten</p>
<p>Chemikalien Enzym aus der Bauchspeicheldrüse (Pankreatin), Wasser, Stärke (Maizena), Lugol'sche Lösung (Iod-Kaliumiodid- Lösung) und konz. Salzsäure (HCl)</p>

Durchführung :

Abbau durch Enzyme:

Bevor die Versuche durchgeführt werden können muss eine Stärkelösung hergestellt werden, wobei in einem Erlenmeyerkolben oder Becherglas 1 ½ Spatelspitzen Maizena in 100 ml Wasser gelöst werden. Daraufhin wird der Wasserkocher aktiviert, sodass das Wasser ungefähr eine Temperatur zwischen 25-35°C hat.

10 ml der gefertigten Lösung werden in ein Reagenzglas überführt und mit dem Enzym versetzt. (**Achtung:** Hier muss schnell gearbeitet werden, da das Enzym sofort anfängt zu arbeiten und bei zu langsamer Durchführung ist ein Großteil der Stärke bereits vor der Messung abgebaut!).

Bevor das Reagenzglas mit der 10 ml Stärkelösung in den Wasserkocher gestellt wird, muss ein Tropfen in ein neues Reagenzglas überführt werden. Dieser Tropfen wird mit 3 ml Wasser und anschließend mit einem Tropfen Lugol'sche Lösung versetzt und die Veränderung notiert. Dann wird das Reagenzglas mit der 10 ml Stärkelösung in das Wasserbad gehalten, welches die Temperatur von 40 °C keinesfalls überschreiten darf.

(**Achtung:** Enzyme sind Proteine, die bei einem Temperaturoptimum arbeiten. Wird dieser Punkt überschritten, dh. die Körpertemperatur(ca. 37°C) überschritten, so denaturieren diese. Aus diesem Grund ist es für den menschlichen Körper extrem Gefährlich Fieber zu haben, wenn die Körpertemperatur 40°C übersteigt. Eine Denaturierung ist ein irreversibler Prozess, da die Struktur und die dadurch bedingte Funktion des Enzyms zerstört werden. Zudem kommt es auch durch starker pH-Änderung zur Denaturierung.)

Sobald sich die 10 ml Stärkelösung im Wasserbad befindet werden alle 3-4 Minuten ein Tropfen in ein neues Reagenzglas überführt und erneut mit 3 ml Wasser und einem Tropfen Lugol'sche Lösung versetzt. Sobald es zu einem deutlichen Farbumschlag kommt werden alle 2 Minuten Proben nach der gleichen Vorgehensweise wie oben genannt, entnommen. Der Verlauf des Stärkeabbaus soll sowohl schriftlich als auch bildlich dokumentiert werden.

Beobachtung: Nach und nach wird die Farbe von Reagenzglas zu Reagenzglas immer heller, je mehr Zeit vergangen ist.

Erkenntnis/ Erklärung:

Ad Enzymabbau:

Pankreatin besteht aus einer Vielzahl verschiedener biochemischer Moleküle bzw. enzymatisch aktiven Verbindungen. Die relevanten und in höchster Konzentration vorliegenden Stoffe sind Amylasen, Lipasen und Proteasen.

Die für die Isolation von Pankreatin notwendigen Bauchspeicheldrüsen von Hausschweinen fallen reichlich bei der Produktion von Schweinefleisch an. Die Gewinnung dieses Enzymgemisches unterliegt strengen Kontrollen im Bezug auf mögliche Kontaminationen mit Keimen oder Verderblichkeit. Das Pankreatin wird aus dem Pankreas extrahiert, gereinigt und anschließend getrocknet. Das Endprodukt ist ein bräunliches Pulver, welches gut in Wasser löslich ist.

Stärke ist ein langkettiges Glukose-Molekül welches aus 2 Teilen besteht:

- 10–30 % aus **Amylose**, linearen Ketten mit helikaler (Schrauben-)Struktur, die nur α -1,4-glykosidisch verknüpft sind und
- 70–90 % aus **Amylopektin**, stark verzweigten Strukturen, mit α -1,6-glykosidischen und α -1,4-glykosidischen Verknüpfungen.

Die Amylase, die im Pankreatin vorhanden ist, ist jenes Enzym welches Polysaccharide, zu denen die Stärke unter anderem auch gehört, aufspaltet und abbaut.

Iod bildet mit den spiralförmigen Molekülen der Stärke einen blauen bzw. violett farbigen Polyiodkomplex. Die Amylose ist wasserlöslich und zeigt sich eher in einer Blaufärbung und das Amylopektin weist eine dunkelblaue bis (braun-) violette Färbung auf. Je weniger Stärke nun in der Lösung ist, desto heller wird die Färbung, die durch die Lugol'sche Lösung bewirkt wird. Dies heißt wiederum, dass je länger man wartet, desto mehr Stärke wird von dem Enzymgemisch abgebaut und dementsprechend erhalte ich eine Farbreihe die immer heller wird. (siehe Abb. 2)

Die Fehling Lösung I und II. Diese dient grundsätzlich dem Nachweis von reduzierenden Zuckern. Da die Glukose-Moleküle in der Stärke über ihre anomeren Kohlenstoffatome verknüpft sind, würde dieser Nachweis negativ ausfallen. Da die Ringöffnung und die damit verbundene offenkettige Aldehydgruppe Voraussetzung für die Oxidation der Kupfer-Ionen der Fehling-Lösung sind, fällt die Fehling-Probe negativ aus. Man könnte diesen Versuch in diesen Themenblock mit einbeziehen, falls genug Zeit bleibt.

Stärkeabbau im vertiefenden Unterricht (Chemielabor)

Im vertiefenden Unterricht kann das Thema des Stärkeabbaus mit der Zersetzung durch Säure erweitert werden, um ein umfangreicheres Wissen zu erzielen. Der vertiefende Unterricht bietet sich hervorragend an, um Thematiken zu erweitern und auszubauen.

Das Schülerblatt würde gleich aussehen wie jenes aus dem Normalunterricht, nur durch den Punkt über die Säurezersetzung ergänzt werden:

Thema: Biochemie; Kohlenhydrate Stärkeabbau durch Enzyme und Säure

Dauer: ca. eine Stunde

Geräte

Reagenzgläser, Becherglas, Erlenmeyerkolben Wasserbad (hier ist es sehr nützlich einen Wasserkocher zu verwenden), Herdplatte, Holzklammern und Pipetten

Chemikalien

Enzym aus der Bauchspeicheldrüse (Pankreatin), Wasser, Stärke (Maizena), Lugol'sche Lösung (Iod-Kaliumiodid- Lösung) und konz. Salzsäure (HCl)

Durchführung :

1. Abbau mittels Enzym:

Bevor die Versuche durchgeführt werden können muss eine Stärkelösung hergestellt werden, wobei in einem Erlenmeyerkolben oder Becherglas 1 ½ Spatelspitzen Maizena in 100 ml Wasser gelöst werden. Daraufhin wird der Wasserkocher aktiviert, sodass das Wasser ungefähr eine Temperatur zwischen 25-35°C hat.

10 ml der gefertigten Lösung werden in ein Reagenzglas überführt und mit dem Enzym versetzt. (**Achtung:** Hier muss schnell gearbeitet werden, da das Enzym sofort anfängt zu arbeiten und bei zu langsamer Durchführung ist ein Großteil der Stärke bereits vor der Messung abgebaut!).

Bevor das Reagenzglas mit der 10 ml Stärkelösung in den Wasserkocher gestellt wird, muss ein Tropfen in ein neues Reagenzglas überführt werden. Dieser Tropfen wird mit 3 ml Wasser und anschließend mit einem Tropfen Lugol'sche Lösung versetzt und die Veränderung notiert. Dann wird das Reagenzglas mit der 10 ml Stärkelösung in das Wasserbad gehalten, welches die Temperatur von 40 °C keinesfalls überschreiten darf.

(Achtung: Enzyme sind Proteine, die bei einem Temperaturoptimum arbeiten. Wird dieser Punkt überschritten, dh. die Körpertemperatur(ca. 37°C) überschritten, so denaturieren diese. Aus diesem Grund ist es für den menschlichen Körper extrem Gefährlich Fieber zu haben, wenn die Körpertemperatur 40°C übersteigt. Eine Denaturierung ist ein irreversibler Prozess, da die Struktur und die dadurch bedingte Funktion des Enzyms zerstört werden. Zudem kommt es auch durch starker pH-Änderung zur Denaturierung.)

Sobald sich die 10 ml Stärkelösung im Wasserbad befindet werden alle 3-4 Minuten ein Tropfen in ein neues Reagenzglas überführt und erneut mit 3 ml Wasser und einem Tropfen Lugol'sche Lösung versetzt. Sobald es zu einem deutlichen Farbumschlag kommt werden alle 2 Minuten Proben nach der gleichen Vorgehensweise wie oben genannt, entnommen. Der Verlauf des Stärkeabbaus soll sowohl schriftlich als auch bildlich dokumentiert werden.

2. Abbau mittels Säure:

Die zu Beginn hergestellte Lösung wird herangezogen um daraus ca. 20 ml herauszupipettieren. Danach wird der Wasserkocher eingeschaltet und gewartet bis eine Temperatur von ungefähr 100°C erreicht wird. Sobald das Wasser kocht, werden die 20 ml der Stärkelösung mit ca. 5 ml konzentrierter Salzsäure versetzt und ins Wasserbad gestellt. *(Achtung: HCl benötigt so eine hohe Temperatur um das Molekül angreifen und so splitten zu können. Die hohe Temperatur wirkt hier als Katalysator, da diese Reaktion bei Raumtemperatur mehrere Stunden dauern würde.)* Nun werden wieder alle 2-3 Minuten Proben entnommen und mit dem gleichen Verfahren, wie zuvor erwähnt, die Färbung nachgewiesen. Die Entwicklung soll sowohl bildlich als auch schriftlich festgehalten und interpretiert werden.

Beobachtung:

Erkenntnis/ Erklärung:

Das Schülerlösungsblatt wäre folgender Maßen aufgebaut:

Thema: Biochemie; Kohlenhydrate Stärkeabbau durch Enzyme und Säure

Dauer: ca. eine Stunde

Geräte

Reagenzgläser, Becherglas, Erlenmeyerkolben Wasserbad (hier ist es sehr nützlich einen Wasserkocher zu verwenden), Herdplatte, Holzklammern und Pipetten

Chemikalien

Enzym aus der Bauchspeicheldrüse (Pankreatin), Wasser, Stärke (Maizena), Lugol'sche Lösung (Iod-Kaliumiodid- Lösung) und konz. Salzsäure (HCl)

Durchführung :

1. Abbau mittels Enzym:

Bevor die Versuche durchgeführt werden können muss eine Stärkelösung hergestellt werden, wobei in einem Erlenmeyerkolben oder Becherglas 1 ½ Spatelspitzen Maizena in 100 ml Wasser gelöst werden. Daraufhin wird der Wasserkocher aktiviert, sodass das Wasser ungefähr eine Temperatur zwischen 25-35°C hat.

10 ml der gefertigten Lösung werden in ein Reagenzglas überführt und mit dem Enzym versetzt. (**Achtung:** Hier muss schnell gearbeitet werden, da das Enzym sofort anfängt zu arbeiten und bei zu langsamer Durchführung ist ein Großteil der Stärke bereits vor der Messung abgebaut!).

Bevor das Reagenzglas mit der 10 ml Stärkelösung in den Wasserkocher gestellt wird, muss ein Tropfen in ein neues Reagenzglas überführt werden. Dieser Tropfen wird mit 3 ml Wasser und anschließend mit einem Tropfen Lugol'sche Lösung versetzt und die Veränderung notiert. Dann wird das Reagenzglas mit der 10 ml Stärkelösung in das Wasserbad gehalten, welches die Temperatur von 40 °C keinesfalls überschreiten darf.

(Achtung: Enzyme sind Proteine, die bei einem Temperaturoptimum arbeiten. Wird dieser Punkt überschritten, dh. die Körpertemperatur(ca. 37°C) überschritten, so denaturieren diese. Aus diesem Grund ist es für den menschlichen Körper extrem gefährlich Fieber zu haben, wenn die Körpertemperatur 40°C übersteigt. Eine Denaturierung ist ein irreversibler Prozess, da die Struktur und die dadurch bedingte Funktion des Enzyms zerstört werden. Zudem kommt es auch durch starker pH-Änderung zur Denaturierung.)

Sobald sich die 10 ml Stärkelösung im Wasserbad befindet werden alle 3-4 Minuten ein Tropfen in ein neues Reagenzglas überführt und erneut mit 3 ml Wasser und einem Tropfen Lugol'sche Lösung versetzt. Sobald es zu einem deutlichen Farbumschlag kommt werden alle 2 Minuten Proben nach der gleichen Vorgehensweise wie oben genannt, entnommen. Der Verlauf des Stärkeabbaus soll sowohl schriftlich als auch bildlich dokumentiert werden.

2. Abbau mittels Säure:

Die zu Beginn hergestellte Lösung wird herangezogen um daraus ca. 20 ml herauszupipettieren. Danach wird der Wasserkocher eingeschaltet und gewartet bis eine Temperatur von ungefähr 100°C erreicht wird. Sobald das Wasser kocht, werden die 20 ml der Stärkelösung mit ca. 5 ml konzentrierter Salzsäure versetzt und ins Wasserbad gestellt. *(Achtung: HCl benötigt so eine hohe Temperatur um das Molekül angreifen und so splitten zu können Die hohe Temperatur wirkt hier als Katalysator, da diese Reaktion bei Raumtemperatur mehrere Stunden dauern würde.)* Nun werden wieder alle 2-3 Minuten Proben entnommen und mit dem gleichen Verfahren, wie zuvor/oben erwähnt, die Färbung nachgewiesen. Die Entwicklung soll sowohl bildlich als auch schriftlich festgehalten und interpretiert werden.

Beobachtung: Nach und nach wird die Farbe von Reagenzglas zu Reagenzglas immer heller, je mehr Zeit vergangen ist.

Erkenntnis/ Erklärung:

1. Ad Enzymabbau:

Pankreatin besteht aus einer Vielzahl verschiedener biochemischer Moleküle bzw. enzymatisch aktive Verbindungen. Die relevanten und in höchster Konzentration vorliegenden Stoffe sind Amylasen, Lipasen und Proteasen.

Die für die Isolation von Pankreatin notwendigen Bauchspeicheldrüsen von Hausschweinen fallen reichlich bei der Produktion von Schweinefleisch an. Die Gewinnung dieses Enzymgemisches unterliegt strengen Kontrollen im Bezug auf mögliche Kontaminationen mit Keimen oder Verderblichkeit. Das Pankreatin wird aus dem Pankreas extrahiert, gereinigt und anschließend getrocknet. Das Endprodukt ist ein bräunliches Pulver, welches gut in Wasser löslich ist.

Stärke ist ein langkettiges Glukose-Molekül welches aus 2 Teilen besteht:

- 10–30 % aus **Amylose**, linearen Ketten mit helikaler (Schrauben-)Struktur, die nur α -1,4-glykosidisch verknüpft sind und
- 70–90 % aus **Amylopektin**, stark verzweigten Strukturen, mit α -1,6-glykosidischen und α -1,4-glykosidischen Verknüpfungen.

Die Amylase, welche im Pankreatin vorhanden ist, ist jenes Enzym welches Polysaccharide, zu denen die Stärke unter anderem auch gehört, aufspaltet und abbaut.

Iod bildet mit den spiralförmigen Molekülen der Stärke einen blauen bzw. violett farbigen Polyiodkomplex. Die Amylose ist wasserlöslich und zeigt sich eher in einer Blaufärbung und das Amylopektin weist eine dunkelblaue bis (braun-)violette Färbung auf. Je weniger Stärke nun in der Lösung ist, desto heller wird die Färbung, die durch die Lugol'sche Lösung bewirkt wird. Dies heißt wiederum, dass je länger man wartet, desto mehr Stärke wird von dem Enzymgemisch abgebaut und dementsprechend erhalte ich eine Farbreihe die immer heller wird. (siehe Abb. 2)

Die Fehling Lösung I und II. Diese dient grundsätzlich dem Nachweis von reduzierenden Zuckern. Da die Glukose-Moleküle in der Stärke über ihre anomeren Kohlenstoffatome verknüpft sind, würde dieser Nachweis negativ ausfallen. Da die Ringöffnung und die damit verbundene offenkettige Aldehydgruppe Voraussetzung für die Oxidation der Kupfer-Ionen der Fehling-

Lösung sind, fällt die Fehling-Probe negativ aus. Man könnte diesen Versuch in diesen Themenblock mit einbeziehen, falls genug Zeit bleibt.

2. Ad Stärkeabbau mit Säure:

Durch Zugabe der Salzsäure werden die glykosidischen Bindungen hydrolytisch gespalten. Die hohe Temperatur wirkt hier als Katalysator, da die Reaktion ohne diese Einwirkung viel länger dauern würde. Das Erstellen der Färbungsreihe funktioniert nach demselben Prinzip, wie beim ersten Beispiel. Bei diesem Versuch wirkt kein Enzym, sondern die Säure als Abbausubstanz der Stärke. Aus diesem Grund muss keine Acht auf die Temperatur gegeben werden, da die Salzsäure bei weitem nicht so empfindlich ist wie ein Enzym.

Die Färbungsreihe zeigt wieder, dass je heller der Komplex ist, desto weniger Stärke in der Lösung vorhanden ist.

Anhang 4

Stufenprotokoll

Im alltäglichen Schulbetrieb ist es öfter empfehlenswert und eventuell nötig, Versuche und Inhalte zu wiederholen, vertiefen, erweitern und in einem anderem Kontext in der alltäglichen Relevanz der SchülerInnen zu beleuchten oder verankern.

Ich habe mich für die Klinische Chemie für die Schulexperimente III entschieden, um diese Thematik zu verdeutlichen. An meiner Schule ist es für eine/n SchülerIn theoretisch möglich in z.B. der 7. Klasse in der Oberstufe pro Woche folgende Chemiestunden zu besuchen:¹⁰

- **Chemie**

Pflichtgegenstand, 2 Wochenstunden, Benotung: 2 Tests pro Semester möglich

- **Chemie in der Humanmedizin**

Wahlpflichtgegenstand, 2 Wochenstunden, mit Benotung: 2 Tests pro Semester möglich

- **Chemielabor**

Schulautonomer Gegenstand im Naturwissenschaftlichen Zweig, 2 Wochenstunden, mit Benotung: 2 Tests pro Semester möglich, bei uns liegt ein Schwerpunkt auf der Erstellung von Protokollen

- **Chemieolympiade**

Unverbindliche Übung, ohne Benotung, es gibt teilgenommen, es gibt ab März Schulwettbewerbe, Landes-, Bundes- und internationale, im Moment haben wir zwei AnfängerInnen-Kurse (5 & 6 Klassen) und einen Fortgeschrittenen-Kurs (5,6,7,8 Klassen).

¹⁰ Schuljahr 2017/18 am BORG Deutschlandsberg

Protokolle

Bitte erstellen Sie Ihre Protokolle zu den Experimenten in Stufen. Überlegen Sie, wie die Versuche, Inhalte und Themen in zwei der vier erwähnten Fächern grundgelegt, sinnvoll wiederholt, vertieft, erweitert und in einem anderem Kontext in der alltägliche Relevanz der SchülerInnen zu beleuchtet oder verankert werden kann. Sie können sich auch selber ein mögliches Wahlpflichtfach Ihrer Wahl ausdenken und dieses als Beispiel verwenden.

Bitte legen Sie mindestens drei der folgende Fragen Ihren Ausführungen zugrunde:

- Welche Erkenntnisse und Einsichten wollen Sie ermöglichen bzw. erreichen?
- Wie sollen gelernte Inhalte vertieft werden?
- Welche Möglichkeiten sehen Sie, die SchülerInnen in ihrer Alltagsrealität abzuholen?
- Welche Kompetenzen wollen Sie vermitteln?
- Welche Inhalte des Lehrplans müssen Sie vermitteln?
- Welche Methoden können Sie zur Erreichung Ihres Zieles verwenden?
- Wie könnten die gemachten Experimente verbessert, vertieft und SchülerInnen relevanter gemacht werden?

Folgende Inhalte für die Experimente sind mögliche Grundlagen:

- Trennverfahren
- Anorganische Nachweisreaktionen
- Fotometrie
- Säure-Base

Die Inhalte der Chemie-Olympiade finde Sie unter der Datei OeCHOL Lernzielübersicht anbei und unter <http://www.oecho.at/de>

Viele sehr gute Unterlagen unter: <http://www.oecho.at/de/materialien/skripten/>

Falls Sie weitere Unterlagen zu unteren Fächern wollen, stelle ich sie Ihnen gerne zur Verfügung. Bitte Email an bem@borg-dl.ac.at oder michaelberdev@gmx.at

- **Chemie**
- **Chemie in der Humanmedizin**
- **Chemielabor**

Anhang 5

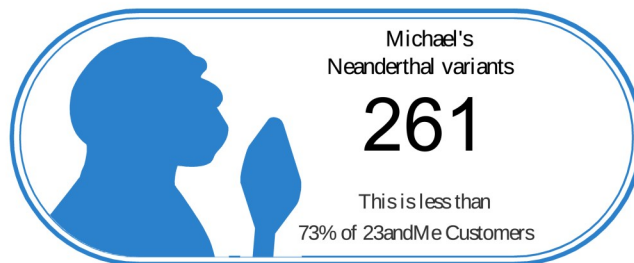


Michael Berdev
Neanderthal Ancestry

Neanderthal Ancestry

Neanderthals were ancient humans who interbred with modern humans before becoming extinct 40,000 years ago. This report tells you how much of your ancestry can be traced back to Neanderthals.

You have 261 Neanderthal variants.

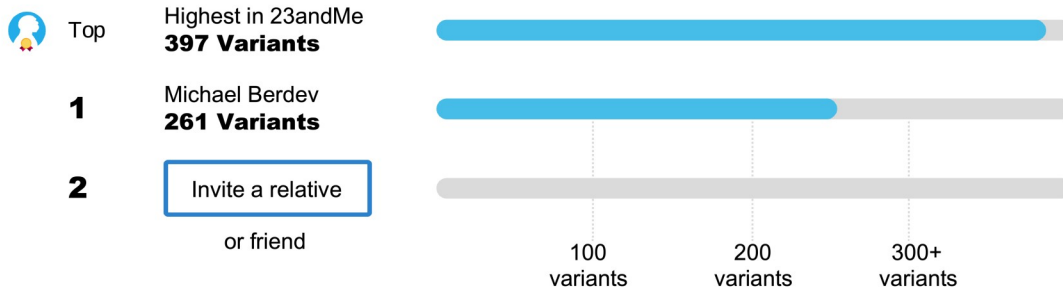


You have fewer Neanderthal variants than 73% of 23andMe customers. However, your Neanderthal ancestry accounts for less than 4% of your overall DNA.

How to interpret this result

- This report tells you whether you have certain genetic variants of Neanderthal origin out of the 2872 Neanderthal variants we test.
- It also tells you whether you have any Neanderthal variants that are associated with traits in 23andMe customers.
- It can't tell you the precise portion of your genome that comes from Neanderthals or about genetic variants of Neanderthal origin not tested by 23andMe.
- For more information, see the Scientific Details section.

You are in **1st place** of your family and friends.



Anhang 6

Gesundheitsziele für Österreich:¹¹

Bei den Gesundheitszielen handelt es sich um einen breit abgestimmten Prozess: Von Beginn an waren die wichtigsten politischen und gesellschaftlichen Institutionen in die Entwicklung und Umsetzung der 10 Gesundheitsziele eingebunden.

Diese Politikfeld übergreifende Zusammenarbeit bildet das Herzstück der Gesundheitsziele und resultiert aus dem Wissen, dass Gesundheit ein komplexes Thema ist. Gemäß WHO-Definition bedeutet Gesundheit nicht nur das Freisein von Krankheit oder Gebrechen. Gesundheit bezeichnet vielmehr einen Zustand vollständigen körperlichen, seelischen und sozialen Wohlbefindens.¹²

- 1) Die Gesundheitskompetenz (Health Literacy) ist ein wichtiger Eckpunkt zur Förderung der Gesundheit und der gesundheitlichen Chancengleichheit der Bevölkerung. Sie soll die Menschen dabei unterstützen, im Alltag eigenverantwortliche Entscheidungen zu treffen, die ihre Gesundheit fördern.¹³

Hat dir das Wahlpflichtfach Chemie in der Humanmedizin dabei geholfen, deine Gesundheitskompetenz zu erweitern bzw. deine Health Literacy gefördert?

Stimme nicht zu "6" 6 5 4 3 2 1 Stimme voll zu "1"

- 2) Dazu gilt es unter anderem, bei allen Bevölkerungsgruppen, insbesondere bei benachteiligten Gruppen, die persönlichen Kompetenzen und das Verantwortungsbewusstsein zu stärken, den Zugang zu verständlicher, unabhängiger und qualitätsgesicherter Information zu erleichtern sowie das Bewusstsein für Gesundheitsvorsorge zu fördern.¹⁴

Hat das Wahlpflichtfach Chemie in der Humanmedizin dich unterstützt, dein Verantwortungsbewusstsein in Bezug auf deine Gesundheit zu stärken?

Stimme nicht zu "6" 6 5 4 3 2 1 Stimme voll zu "1"

Hat das Wahlpflichtfach Chemie in der Humanmedizin dir den Zugang zu verständlicher, unabhängiger und qualitätsgesicherter Information erleichtert?

Stimme nicht zu "6" 6 5 4 3 2 1 Stimme voll zu "1"

Hat das Wahlpflichtfach Chemie in der Humanmedizin dein Bewusstsein für Gesundheitsvorsorge gefördert?

Stimme nicht zu "6" 6 5 4 3 2 1 Stimme voll zu "1"

¹¹ Diese Umfrage orientiert sich an den Gesundheitszielen für Österreich.

¹² <https://gesundheitsziele-oesterreich.at/ueber-uns/>

¹³ https://gesundheitsziele-oesterreich.at/website2017/wp-content/uploads/2018/08/gz_langfassung_2018.pdf S. 10

¹⁴ https://gesundheitsziele-oesterreich.at/website2017/wp-content/uploads/2018/08/gz_langfassung_2018.pdf S. 10

- 3) Im Sinne einer nachhaltigen Gesundheitssicherung ist es von hoher Bedeutung, Luft, Wasser, Boden und den gesamten natürlichen Lebensraum zugänglich und sauber zu halten sowie sichere und qualitativ hochwertige Lebensmittel zu produzieren.¹⁵

Hat das Wahlpflichtfach Chemie in der Humanmedizin dir geholfen besser zu verstehen, dass hochwertige und sichere Lebensmittel für den Erhalt deiner Gesundheit wichtig sind?

Stimme nicht zu "6" 6 5 4 3 2 1 Stimme voll zu "1"

- 4) Eine nachhaltige Gestaltung unserer Lebensräume und eine Stärkung der persönlichen Umweltkompetenz sind Beiträge für die Gesundheit heutiger und zukünftiger Generationen.¹⁶

Hat deiner Meinung nach das Wahlpflichtfach Chemie in der Humanmedizin dir dabei geholfen, deine Umweltkompetenz zu erweitern bzw. diese gefördert?

Stimme nicht zu "6" 6 5 4 3 2 1 Stimme voll zu "1"

- 5) Die Ernährung übt einen grundlegenden Einfluss auf die Gesundheit und das Wohlbefinden von Menschen in allen Lebensphasen aus.¹⁷

Hat das Wahlpflichtfach Chemie in der Humanmedizin dazu beigetragen zu verstehen, dass Ernährung einen grundlegenden Einfluss auf die Gesundheit und das Wohlbefinden von Menschen hat?

Stimme nicht zu "6" 6 5 4 3 2 1 Stimme voll zu "1"

- 6) Durch eine ausgewogene Ernährung kann das Risiko für viele chronische Erkrankungen (insbesondere Herz-Kreislauf-Erkrankungen, Diabetes) reduziert werden.¹⁸

Hat das Wahlpflichtfach Chemie in der Humanmedizin dein Verständnis, dass ausgewogene Ernährung das Risiko für viele chronische Erkrankungen reduzieren kann, gefördert?

Stimme nicht zu "6" 6 5 4 3 2 1 Stimme voll zu "1"

¹⁵ https://gesundheitsziele-oesterreich.at/website2017/wp-content/uploads/2018/08/gz_langfassung_2018.pdf S.10

¹⁶ https://gesundheitsziele-oesterreich.at/website2017/wp-content/uploads/2018/08/gz_langfassung_2018.pdf S. 10

¹⁷ https://gesundheitsziele-oesterreich.at/website2017/wp-content/uploads/2018/08/gz_langfassung_2018.pdf S.12

¹⁸ https://gesundheitsziele-oesterreich.at/website2017/wp-content/uploads/2018/08/gz_langfassung_2018.pdf S.12

- 7) Die Ernährungskompetenz soll bei allen Menschen - insbesondere bei Kindern, Jugendlichen, Schwangeren, Eltern/Erziehungsberechtigten und älteren Menschen - gefördert werden.

Wurde deiner Meinung nach deine Ernährungskompetenz durch das Wahlpflichtfach Chemie in der Humanmedizin erhöht?

Stimme nicht zu "6" 6 5 4 3 2 1 Stimme voll zu "1"

- 8) Eine gesundheitsförderliche Ernährung mit hochwertigen Lebensmitteln muss für alle Bevölkerungsgruppen zugänglich sein. Saisonale und regionale Lebensmittel sind ein wichtiger Bestandteil einer qualitativ hochwertigen Ernährung.¹⁹

Hat dir das Wahlpflichtfach Chemie in der Humanmedizin dabei geholfen, die Bedeutung von hochwertigen, saisonalen und regionalen Lebensmittel als einen wichtigen Bestandteil einer qualitativ hochwertigen Ernährung besser zu verstehen?

Stimme nicht zu "6" 6 5 4 3 2 1 Stimme voll zu "1"

- 9) Regelmäßige körperliche Aktivität beeinflusst Gesundheit grundlegend und nachhaltig positiv. Sie beugt vielen chronischen Krankheiten vor und begünstigt psychisches und körperliches Wohlbefinden. Ausreichend Bewegung ist vom frühen Kindesalter bis ins hohe Alter unverzichtbarer Bestandteil der Gesundheitsförderung²⁰

Hat das Wahlpflichtfach Chemie in der Humanmedizin dazu beigetragen zu verstehen, dass regelmäßige körperliche Aktivität deine Gesundheit grundlegend und nachhaltig positiv beeinflusst?

Stimme nicht zu "6" 6 5 4 3 2 1 Stimme voll zu "1"

Hat das Wahlpflichtfach Chemie in der Humanmedizin dir geholfen, regelmäßige körperliche Aktivität als Vorbeugung für viele chronischen Krankheiten besser zu verstehen?

Stimme nicht zu "6" 6 5 4 3 2 1 Stimme voll zu "1"

Hat das Wahlpflichtfach Chemie in der Humanmedizin dir geholfen zu verstehen, dass regelmäßige körperliche Aktivität das psychische und körperliche Wohlbefinden begünstigt?

Stimme nicht zu "6" 6 5 4 3 2 1 Stimme voll zu "1"

¹⁹ https://gesundheitsziele-oesterreich.at/website2017/wp-content/uploads/2018/08/gz_langfassung_2018.pdf S. 12

²⁰ https://gesundheitsziele-oesterreich.at/website2017/wp-content/uploads/2018/08/gz_langfassung_2018.pdf S. 12

10) **Sollten die Inhalte des Wahlpflichtfach Chemie in der Humanmedizin in den Pflichtunterricht implementiert werden?**

Stimme nicht zu "6" 6 5 4 3 2 1 Stimme voll zu "1"

11) **Hat das Wahlpflichtfach Chemie in der Humanmedizin dir geholfen, dein Selbstbild bzw. Körperverständnis anhand von Experimenten zu erweitern?**

Stimme nicht zu "6" 6 5 4 3 2 1 Stimme voll zu "1"

12) **Hat das Wahlpflichtfach Chemie in der Humanmedizin dir dabei geholfen, ein wissenschaftliches und evidenzbasiertes Selbstbild zu erlangen?**

Stimme nicht zu "6" 6 5 4 3 2 1 Stimme voll zu "1"

13) **Hat das Wahlpflichtfach Chemie in der Humanmedizin einen positiven Beitrag zu deinem Gesundheitsbewusstsein geliefert?**

Stimme nicht zu "6" 6 5 4 3 2 1 Stimme voll zu "1"

14) **Haben die Experimente im Wahlpflichtfach Chemie in der Humanmedizin geholfen, bei dir ein auf Fakten basierendes Selbstbild zu fördern?**

Stimme nicht zu "6" 6 5 4 3 2 1 Stimme voll zu "1"

15) **Ist dir durch das Wahlpflichtfach Chemie in der Humanmedizin der Unterschied zwischen gemessenen, erhobenen Messwerten und Literaturwerten besser verständlich geworden?**

Stimme nicht zu "6" 6 5 4 3 2 1 Stimme voll zu "1"

16) **Hat das Wahlpflichtfach Chemie in der Humanmedizin dazu beigetragen zu verstehen, dass nicht alle erhobenen Messwerte möglich oder gar sinnvoll sind?**

Stimme nicht zu "6" 6 5 4 3 2 1 Stimme voll zu "1"

17) **Bist du der Meinung, dass die Bearbeitung der Inhalte der Klinischen Chemie im Speziellen und die der Medizinischen Wissenschaften im Allgemeinen im Unterricht sinnvoll und erstrebenswert sind?**

Stimme nicht zu "6" 6 5 4 3 2 1 Stimme voll zu "1"

18) Hatte das Wahlpflichtfach Chemie in der Humanmedizin einen positiven Einfluss auf dein Gesundheitsbewusstsein bzw. -verhalten?

Stimme nicht zu "6" 6 5 4 3 2 1 Stimme voll zu "1"

Anhang 7

- 1) Der pH-Wert von frischem Urin von Gesunden schwankt zwischen
 - 1 und 3
 - 2 und 4
 - 5 und 7
 - 8 und 9
 - 11 und 13
 - 12 und 14
- 2) Bei fleischreicher Kost, Abbau endogener Proteine, Hunger und hohem Fieber liegt der pH-Wert des Urins eher im
 - sauren Bereich
 - basischen Bereich
 - neutralen Bereich
- 3) Bei gemüsereicher Kost (z.B. VeganerInnen und VegetarierInnen) liegt der Urin eher im
 - sauren Bereich
 - basischen Bereich
 - neutralen Bereich
- 4) Der Ammoniak-Geruch von Urin ist
 - normal bei Gesunden
 - ein Hinweis auf Bakterien in den Harnwegen
 - ein Hinweis auf einen hohen Zuckerspiegel
- 5) Frischer Urin von Gesunden sollte ... sein
 - klar
 - strohgelb
 - trüb
 - intensiv gelb
 - farblos
 - orange
- 6) Die Blutpuffer halten den pH-Wert im Blut im
 - sauren Bereich
 - basischen Bereich
 - neutralen Bereich
 - konstant
- 7) Der pH Wert im Blut liegt bei Menschen und anderen Säugetieren bei
 - 2,4
 - 3,4
 - 4,4
 - 5,4
 - 6,4
 - 7,4
- 8) Bei Hominiden entsteht Harnsäure als Endprodukt des/der
 - Purinstoffwechsels
 - Fettsäureoxidation
 - Glykolyse
- 9) Harnsäure ist ... in Wasser löslich.
 - gut
 - mäßig
 - wenig
 - schlecht
- 10) Die Oxalsäure ist ... in Wasser löslich.
 - gut
 - mäßig
 - wenig
 - schlecht
- 11) Die Oxalsäure wurde erstmals von ... synthetisiert.
 - Einstein
 - Rutherford
 - Wöhler

- Hofmann
 - Haber und Bosch
 - Reppe
- 12) Die Ernährung übt ... Einfluss auf die Gesundheit und das Wohlbefinden von Menschen in allen Lebensphasen aus.
- keinen
 - einen geringen
 - einen grundlegenden
- 13) Durch eine ausgewogene Ernährung kann das Risiko für viele chronische Erkrankungen (insbesondere Herz-Kreislauf-Erkrankungen, Diabetes) ... werden.
- gesteigert
 - konstant gehalten
 - reduziert
- 14) Eine gesundheitsförderliche Ernährung mit hochwertigen Lebensmitteln muss für ... zugänglich sein.
- Kinder
 - Jugendliche
 - Alte
 - alle Bevölkerungsgruppen
- 15) Regelmäßige körperliche Aktivität beeinflusst Gesundheit ...
- negativ
 - nicht
 - wenig
 - grundlegend
 - nachhaltig positiv
- 16) Homöostase ist die ... eines Körperzustandes.
- Aufrechterhaltung
 - Veränderung
 - Zerstörung
- 17) Svante Pääbo und sein Team konnten einen Genfluss ... nachweisen.
- vom Neandertaler zum modernen Homo sapiens
 - vom Neandertaler zum Homo erectus
 - vom Homo erectus zum modernen Homo sapiens
- 18) Der orale Glukosetoleranz-Test dient der Diagnostik ...
- der Influenza
 - des Diabetes mellitus
 - des PCOS
- 19) Der orale Glukosetoleranz-Test führt zu einer/m ... der Blutglukosekonzentration.
- starken Abnahme
 - massiven Anstieg
 - Konstanz
- 20) Körperliche Aktivität ... psychisches und körperliches Wohlbefinden.
- begünstigt
 - hemmt
 - schädigt

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre ehrenwörtlich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst habe, andere als die angegebenen Quellen nicht verwendet habe und die den benutzten Quellen wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Graz, am 21.11.2018

Mag. Michael Peter Berdev