

VON DER EMOTION ZUR REAKTION EIN WEG ZUR GRUNDBILDUNG AM BEISPIEL DER DUFTSTOFFE

Kurt HAIM
BRG Schloss Wagrain, Vöcklabruck

Vöcklabruck, 2002

INHALTSVERZEICHNIS

1	PROJEKTMOTIVATION	3
1.1	EMOTIONALISIERUNG.....	4
1.2	DE-EMOTIONALISIERUNG	5
1.3	RE-EMOTIONALISIERUNG	5
2	DURCHFÜHRUNG	6
2.1	Theorieunterricht (Aldehyde und Ketone)	6
2.1.1	Einleitung	6
2.1.2	Nomenklatur und Molekülaufbau	7
2.1.3	Eigenschaften	7
2.1.4	Reaktionsverhalten	8
2.1.5	Vorkommen und Bedeutung wichtiger Aldehyde	9
2.1.6	Der Geruchsinn.....	12
2.1.7	Ketone als Pheromone.....	13
2.2	Praxisunterricht	15
2.2.1	Isolierung von natürlichen Duftstoffen aus Zitrusfrüchten und Gewürzen	15
2.2.2	Synthese des naturidenten Duftstoffes Zimtaldehyd.....	15
2.2.3	Synthese naturidenter Duftstoffester.....	16
2.2.4	Kreation eines Parfums.....	16
3	ERGEBNISSE UND REFLEXIONEN	17
4	ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK	19
5	LITERATUR	20

ABSTRACT

In dieser Arbeit wird darauf aufmerksam gemacht, dass die Akzeptanz eines Faches enorm steigen kann, wenn die emotionale Ebene der Schüler erreicht wird. Durch das Hervorrufen beziehungsweise Verstärken schon vorhandener Emotionen wird der Schüler motiviert, Sachkenntnisse erwerben zu wollen. Nach einer fachgerechten Wissensvermittlung werden die SchülerInnen wieder zurück zur Ausgangssituation geführt, wobei sich die „subjektiven Emotionen“ wie Spannung, Angst und Unverständnis in „objektive Emotionen“ wie Entspannung, Sicherheit und Wissen umwandeln. Benützt man Emotionen als Motivationsadapter, verbindet sich die Schulchemie mit der Welt der SchülerInnen und die Auseinandersetzung mit der Materie wird privat weitergeführt. Für die SchülerInnen resultiert das Bewusstsein, etwas für das Leben gelernt zu haben.

1 PROJEKTMOTIVATION

Ein Klassenzimmer voll motivierter Schüler, die Augen hängen an den Lippen des Professors und lechzen danach, ihren Durst nach Wissen zu löschen. Welch ein Genuss für den Lehrenden! Nur, was war die Ursache für diese wundervolle Situation, in der man die Funken hat überschlagen sehen können? War es das außergewöhnliche Thema, das Auftreten des Vortragenden oder Folge eines der Bildung förderlichen geheimnisvollen Faktors? Um Lehre erfolgversprechend vermitteln zu können, scheint meiner Erfahrung nach **ein** Faktor immens wichtig zu sein – **Wissensvermittlung auf emotionaler Ebene**. Mein Ansatz, Grundbildung zu vermitteln besteht nun darin, die **emotionale Welt** der SchülerInnen durch das Ansprechen von **Geruch- und Geschmacksinn**, durch **Themen aus der Alltagswelt** oder durch **chemische Experimente** zu erreichen. Durch die anfangs herrschende emotionale Stimmung, die für Aufmerksamkeit sorgt, ist es nun möglich die SchülerInnen leicht aus ihrem Gleichgewicht zu bringen, indem man sie durch gezielte Handlungen in einen kognitiven Konflikt führt. Ich bin der Meinung, emotional hervorgerufene Unzufriedenheit kann bei den SchülerInnen das Sich-Bilden-Wollen induzieren. Und die für die Wissensaneignung erforderlichen Anstrengungen, wie Konzentration und Zeitaufwand scheinen nur mehr eine geringe Hürde darzustellen. Nachdem die SchülerInnen motiviert wurden, sich mit einer Thematik auseinander zu setzen, erfolgt in der Phase der De-Emotionalisierung eine fachgerechte Aufarbeitung durch die Schulchemie. Das Ziel hierbei ist es, von der emotionalen Ebene zur Wissensebene zu gelangen. Im folgenden Schritt, der Re-Emotionalisierung, erfolgt eine **Verschmelzung** der beiden Ebenen. Dies erfolgt zum Beispiel durch Diskussion der in den Raum gestellten Fragen, durch Bewertung von Produkten oder durch Schülerexperimente. Resultat der Zusammenführung beider Ebenen ist, dass sich Angst, Unsicherheit und Unverständnis in Entspannung, Sicherheit und Verständnis umwandeln. **Wissen** zu haben, hinterlässt also ein **gutes Gefühl!**

1.1 EMOTIONALISIERUNG

DIE BALANCE DER EMOTIONEN

Kein Unterrichtsfach versteht es besser, sich mit negativen Assoziationen in den Köpfen der jungen Menschen festzusetzen, wie die Chemie. Das Image des Chemielehrers als „Giftmischer“ und „Stinker“ hat er ganz zurecht. Vergeht doch fast keine Stunde, in der nicht über die Giftigkeit einer Substanz, über Krebsentstehung, über allergisches Potential, tödliche Dosis und Umweltzerstörung gesprochen wird. Im Unterricht sollte darauf geachtet werden, dass die SchülerInnen nicht ständig mit Beiträgen konfrontiert werden, die negative Emotionen auslösen, da sonst eine ablehnende Haltung eingenommen wird. Durch das Herbeiführen von positiven Emotionen kann eine Liebe zu einem Fach entstehen, und aus der bei Schülern oft anfangs bestehenden Chemophobie wird in vielen Fällen eine chemophile Einstellung erreicht.

EMOTIONEN DURCH SINNESWAHRNEHMUNGEN

In keinem Unterrichtsfach ist es so leicht, Geruch- und Geschmacksinn anzusprechen, wie in der Chemie. Nur, warum wird meist nur im negativen Sinn davon Gebrauch gemacht, indem man SchülerInnen adstringierende, ätzende oder reizende Substanzen riechen lässt? Kehren wir den Spieß um und rücken die **organoleptische Analyse** von „wohlschmeckenden Chemikalien“ ins Zentrum des Geschehens! Was spricht dagegen, einen Teller voller Chips durch die Klasse zu reichen, während man die auf der Zunge ablaufenden biochemischen Vorgänge diskutiert? Was spricht dagegen, während der Diskussion der Milchsäure, ein LC-1-Joghurt zu testen? Mit solchen Aktionen wird das Fach Chemie mit positiven Assoziationen verknüpft und die Bereitschaft, sich mit dieser Materie zu beschäftigen, steigt bei vielen Schülern enorm an. Spricht man während einer Unterrichtseinheit den Geruch- oder Geschmackssinn von SchülerInnen an, erleichtert dies auch den Weg von der Laborchemie zur Lebenswelt des Schülers. Gerade dieser Punkt scheint mir so wichtig, den jungen Menschen klar zu machen, dass Chemikalien nicht nur im verschlossenen Schrank, sondern auch in einem Früchtekompott vorkommen.

EMOTIONEN DURCH ALLTAGSTHEMEN

Eine weitere Möglichkeit, SchülerInnen in emotionale Stimmung zu bringen, besteht darin, Alltagsthemen oder Alltagsprodukte in den Mittelpunkt des Interesses zu rücken, die die SchülerInnen vielleicht schon einmal emotional berührten. Das Schwierige hierbei ist, für die Schüler herausfordernde und fesselnde Themen zu finden, für deren Beantwortung man jenes Grundwissen braucht, das man eigentlich vermitteln möchte.

EMOTIONEN DURCH REAKTIONEN

Ein chemisches Experiment ist eine der effektivsten Möglichkeiten, SchülerInnen zum Staunen zu bringen. Aus der Sicht der Jugendlichen ist der Wunsch nach einem Experiment nur allzu leicht verständlich. Bietet ein vom Lehrer vorgeführter Schauversuch doch die Möglichkeit, aus einer passiven Rolle heraus, Emotionen zu erleben. Nach *ANTON (2002)* ist Staunen nur dann ein didaktischer Schachzug, wenn die SchülerInnen nach dem Experiment zum aktiven Fragen gebracht werden können. Es gilt also, aus der emotionalen Spannung heraus, Phänomene aufzuzeigen, die mit dem Wissensstand der SchülerInnen noch nicht erklärbar sind.

1.2 DE-EMOTIONALISIERUNG

Nach *RIEDER* (1968) ist Staunen ein Kennzeichen von Passivität, Ungerichtetheit, Gefühlsdominanz sowie Unwillkürlichkeit. Das Erleben von emotionalen Komponenten ist somit nicht automatisch ein Motivationsfaktor, sich sofort Wissen aneignen zu wollen. Emotionalisierung sorgt in erster Linie für Aufmerksamkeit, die jedoch genützt werden kann, die SchülerInnen aus ihrem Gleichgewicht zu bringen. Gelingt es durch gezielte Handlungen, wie kühne Behauptungen, provokante Fragen, Aufzeigen von Unstimmigkeiten, etc. die SchülerInnen zu irritieren bzw. zu verunsichern, hat man meiner Meinung nach jenen Motivationsfaktor gefunden, der als Triebkraft für den Lernaufwand dient, Wissen erlangen zu wollen. Die SchülerInnen werden somit in einen unzufriedenen Zustand geführt, damit ein Verlangen entsteht, Sachkenntnis erwerben zu wollen.

1.3 RE-EMOTIONALISIERUNG

Haben sich die SchülerInnen Wissen angeeignet, darf man als Lehrer sein Werk noch nicht als vollendet betrachten. Im letzten Schritt geht es um die so wichtige Zusammenführung der anfangs erzeugten emotionalen Ebene mit der hinzugekommenen Wissensebene. Nur durch diese Verschmelzung erkennen die SchülerInnen den Nutzen der Anstrengungen, die für den Wissenserwerb erforderlich waren. Auch wenn dies viel Zeit in Anspruch nimmt, resultiert in dieser Phase für den Jugendlichen die Erkenntnis, etwas für das Leben gelernt zu haben. Möglichkeiten, Emotion und Wissen zu fusionieren, ergeben sich zum Beispiel durch Diskussionen von Medienberichten, Bewertung von Alltagsprodukten sowie durch das Abhalten von Schülerexperimenten. In dieser Phase soll es vor allem um jene Inhalte und Kompetenzen gehen, die einen wesentlichen Beitrag zur Grundbildung leisten können. Als Orientierungshilfe für die Unterrichtsgestaltung sollen hier einige inhaltliche Leitlinien angeführt werden, die vom IMST²-Team ausgearbeitet wurden:

- * Weltverständnis
- * Teilhabe an gesellschaftlichen Entscheidungen
- * Relevanz für die Bewältigung alltagsbezogener Probleme
- * Verständnis für die Disziplin als Wissenschaft
- * Kulturelles Erbe, Kohärenz der Kulturen

2 DURCHFÜHRUNG

Um die angesprochene Unterrichtsform dokumentieren zu können, wurde das Kapitel „Aldehyde und Ketone“ ausgewählt und im Wintersemester 01/02 zwei Klassen aus der 12. Schulstufe im regulären Unterricht damit konfrontiert. Weiters wurde im Sommersemester 2002 im Rahmen eines Kurses ein Laborpraktikum mit freiwilliger Teilnahme abgehalten. Es kamen 2 Kurse mit je 12 TeilnehmerInnen zustande. Die für einen Kurs notwendigen 12 Stunden wurden auf 4 Nachmittage zu je drei Stunden gesplittet.

2.1 Theorieunterricht (Aldehyde und Ketone)

Im folgenden wird der genaue Stundenablauf des regulären Theorieunterrichts dokumentiert und mit den geforderten Zielsetzungen ausgestattet.

Unterrichtseinheit	Stoffumfang
1. Einheit	Einleitung/Nomenklatur/Molekülaufbau
2. Einheit	Eigenschaften/Reaktionsverhalten
3. Einheit	Vorkommen und Bedeutung wichtiger Aldehyde
4. Einheit	Aldehyde als Duftstoffe
5. Einheit	Ketone als Pheromone

2.1.1 Einleitung

In der Einleitung wurden die Schüler mit Reinstoffen bzw. Gegenständen aus dem Alltag konfrontiert. So wurde ein kleines Stück **Pressspanplatte**, ein Glas mit einem **biologischen Präparat**, reiner **Benzaldehyd**, eine **Vanilleschote**, ein **Joghurtbecher**, sowie eine **Packung Antibabypillen** durch die Reihen gereicht. Im weiteren wurden die Schüler mit Fragen bzw. Kommentaren konfrontiert, die nur in den Raum gestellt und nicht kommentiert wurden, zum Beispiel: „Ich hoffe die Möbel Eures Jugendzimmers sind nicht aus Pressspanplatten gefertigt.“ Oder: „Wenn ihr die Pressspanplatte angegriffen habt, wascht euch bitte in der Pause gründlich die Hände!“ Das Glas mit dem biologischen Präparat in den Händen haltend, stellte ich folgende Frage: „Wisst ihr eigentlich, wie die Leichen, die den Medizinstudenten für Sezierzwecke dienen, konserviert werden?“ Nachdem die SchülerInnen den Geruch von Benzaldehyd erkannt und ihn mit Marzipan in Verbindung gebracht hatten, verwies ich auf das Flaschenetikett mit dem Gefahrensymbol „mindergiftig“. „Welche Konsequenzen hat dieses Gefahrensymbol für die mit Marzipan gefüllten Pralinen? Wie giftig ist also die Marzipanschokolade?“ Auf den Joghurtbecher zeigend, stellte ich die Behauptung auf, dass in dem Joghurt Stoffe enthalten sind, die aus Abfällen der Papierindustrie stammen. Und zuletzt die für alle SchülerInnen unverständlichste Frage: „Habt ihr gewusst, dass die Antibabypille euch bei der Partnerwahl einen Strich durch die Rechnung machen kann?“

Das Riechen, Angreifen sowie Erkennen von Alltagsgegenständen sollte die SchülerInnen zunächst in emotionale Stimmung bringen. Erleichtert wurde dieses Unterfangen, indem Gegenstände aus der Alltagswelt ausgewählt wurden. Nachdem eine emotionale Stimmung

bei den SchülerInnen erzeugt worden war, folgte die Phase der Irritation. Es folgten also Fragen oder Kommentare, die die SchülerInnen in einen unwissenden, bzw. unzufriedenen Zustand führen sollten. Warum soll Schokolade giftig sein? Papierabfälle in einem Vanillejoghurt? Was hat die Pille mit der Partnerwahl zu tun? Alles Fragen, die SchülerInnen verunsichern sollen. Als Lehrer biete ich den SchülerInnen nun die Möglichkeit, aus diesem Zustand heraus zu kommen. Es folgt also nun eine Phase der De-Emotionalisierung, die mit der Aneignung von theoretischem Wissen verbunden ist.

(Im folgenden wird jener Text präsentiert, den die SchülerInnen als eine Art „Skriptum“ zur Verfügung hatten. Die meisten Formeln, Skizzen und Reaktionsschemata sind im Text ausgelassen, da sie erst während des Unterrichtsverlaufs in die angegebenen Freiräume eingetragen werden.

2.1.2 Nomenklatur und Molekülaufbau

Aldehyde und Ketone sind organische Verbindungen, die als funktionelle Gruppe eine Carbonylgruppe enthalten.

- a) **ALDEHYDE:** Die Carbonylgruppe bildet immer das Ende der Kohlenwasserstoffkette und wird auch als Aldehydgruppe bezeichnet. Die Namen der Verbindungen enden immer auf -al.

Formel	Name (IUPAC)	Trivialname
H-CHO	Methanal	Formaldehyd
CH ₃ -CHO	Ethanal	Acetaldehyd
CH ₃ -CH ₂ -CHO	Propanal	Propionaldehyd
C ₆ H ₅ -CHO	Benzencarbaldehyd	Benzaldehyd

- b) **KETONE:** Die Carbonylgruppe befindet sich immer innerhalb der C-Kette und wird auch als Keto-gruppe bezeichnet. Die Namen enden immer auf -on

Formel	Name (IUPAC)	Trivialname
CH ₃ -CO-CH ₃	Propanon	Aceton
CH ₃ -CO-CH ₂ CH ₃	2-Butanon	(Ethyl-methylketon)

2.1.3 Eigenschaften

Die Eigenschaften werden stark von der polaren Carbonylgruppe bestimmt.

- a) **Siedepunkte**

Die Siedepunkte der Aldehyde und Ketone sind höher als die der entsprechenden Kohlenwasserstoffe, aber niedriger als die der Alkohole.

Verbindung	Siedepunkte
Ethan	- 88 °C
Ethanal	+ 20 °C
Ethanol	+ 78 °C

Die Erklärung liegt in den unterschiedlichen zwischenmolekularen Kräften. Während bei reinen Kohlenwasserstoffen nur schwache Van der Waals-Kräfte wirken, sind es bei den Alkoholen starke Wasserstoffbrückenbindungen. Der Zusammenhalt zwischen den Molekülen von Carbonylverbindungen wird von etwas schwächeren Dipol-Dipol-Kräften verursacht.

b) **Löslichkeit**

Kurzkettige Aldehyde, wie Methanal, Ethanal und Propanal sind relativ gut wasserlöslich. Mit zunehmender Kettenlänge nimmt die Wasserlöslichkeit ab.

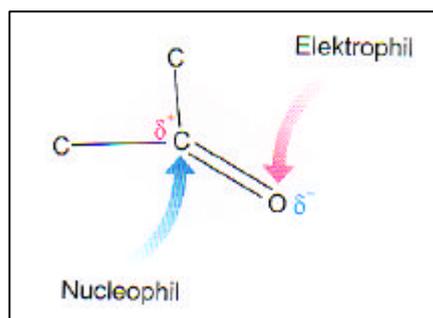
Grund: Zwischen der polarisierten Carbonylgruppe und dem Wassermolekül können sich starke Wasserstoffbrücken-Bindungen ausbilden. Mit Zunahme der Kettenlänge überwiegt der hydrophobe Teil der Kohlenwasserstoffkette.

Aufgabenstellung:

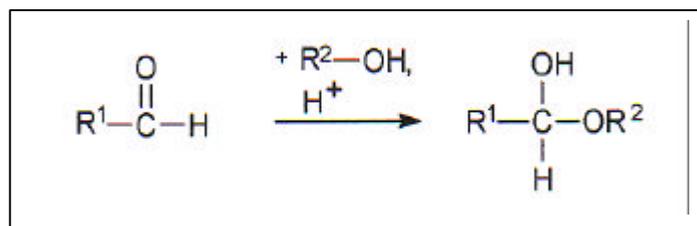
Zeichne das Molekül 3-Octanal bzw. 2-Hydroxy-3-Pentanon in der Halbstrukturformel und versuche anhand des Molekülaufbaus eine Voraussage bezüglich Siedepunkt und Wasserlöslichkeit zu treffen!

2.1.4 Reaktionsverhalten

Die Carbonylgruppe ist räumlich trigonal planar angeordnet und aufgrund des Elektronegativitätsunterschieds zwischen dem C- und O-Atom stark polarisiert. Sowohl elektrophile als auch nucleophile Teilchen haben von zwei Seiten einen leichten Zugang zur stark polaren Carbonylgruppe. Es resultiert daraus eine hohe Reaktionsfreudigkeit. Das positiv polarisierte C-Atom ist für die typischen Additionsreaktionen von Aldehyden verantwortlich.



Beispiel: Nucleophile Addition eines Alkohols an einen Aldehyd. Die Reaktion führt zur Bildung eines **Halbacetals**.



Aufgabenstellung:

- ★ **Bildung eines Halbacetals aus 2-Butenal und 1,2-Ethandiol**
- ★ **Bildung eines Halbacetals aus Benzaldehyd und Phenol**
- ★ **Bildung eines Halbacetals aus Retinal und Methanol:**

Diese Reaktion kann für die Erblindungsreaktion nach der oralen Einnahme von Methanol verantwortlich gemacht werden (Eisenbrand und Metzler, 1994).

In dieser Phase der De-Emotionalisierung wurden die SchülerInnen großteils frontal unterrichtet. In den ersten drei Kapiteln wurde jenes Wissen vermittelt, das in der

anstehenden Re-Emotionalisierungsphase nötig ist, um die angeführten Alltagsphänomene erklären und die gestellten Leitlinien der Grundbildung erfüllen zu können. Der Stoff wurde so aufgearbeitet, dass den SchülerInnen die **Beziehung zwischen Molekülstruktur und Wirkung** bewusst wird. Dies ist **ein** erklärtes Ziel von Grundbildung, da dieser Zusammenhang sehr gut zum Verständnis lebensweltlicher Phänomene beitragen kann. Um dies zu erreichen, wurden die SchülerInnen nach jedem Kapitel mit Aufgabenstellungen konfrontiert, in denen sie von vorgegebenen Aldehyden und Ketonen Voraussagen über Aggregatzustand, Löslichkeit und Reaktionsverhalten treffen sollten. Dass der Genuss von Methanol, der in alkoholischen Getränken enthalten sein kann, zur Erblindung führen kann, wurde schon im Kapitel „Alkohole“ durchgenommen. Auch das Retinal kannten die Schüler in Ihrer Struktur und Wirkung aus dem Kapitel „Organische Farbstoffe“. In der relativ einfachen Halbacetal-Bildung erfuhren die SchülerInnen nun, wie es auf molekularer Ebene zur Erblindung nach Methanolkonsum kommen kann. Dies ist ein Beispiel dafür, dass man ein starkes Interesse für einen bestimmten Reaktionstyp erreichen kann, wenn durch konkrete Beispiele die Gefühlswelt der SchülerInnen angesprochen wird.

2.1.5 Vorkommen und Bedeutung wichtiger Aldehyde

2.1.5.1 Methanal (Formaldehyd):

Formaldehyd ist ein stechend riechendes Gas (Siedepunkt: -19°C), das sich in Wasser relativ gut löst. Eine wässrige Lösung mit einem Massenanteil von ca. 35% nennt man *Formalin*.

Toxikologie: Formaldehyd wirkt vor allem durch Einatmung toxisch. MAK: $0,6 \text{ mg/m}^3$. Aufgrund des hydrophilen Charakters löst es sich gut in den Schleimhäuten des Nasen-Rachen-Raums und der Luftröhre. Dort reagiert es mit Proteinen, was zur Reizung, Verätzung, Entzündung und Schwellung führen kann. Weiters steht es im Verdacht, Krebs erzeugend zu sein. 20 ml Formalin-Lösung sind für einen Erwachsenen bereits tödlich.

Vorkommen:

- * Methanal kommt ubiquitär im interstellaren Raum vor und hat vermutlich bei der chemischen Evolution eine große Rolle gespielt.
- * Methanal entsteht auch während der Smog-Bildung.
- * Formaldehyd-Dämpfe können aus Pressspanplatten entweichen. [**Lehrerversuch**]
- * Im Räucherrauch ist Methanal z.T. für die desinfizierende Wirkung verantwortlich.
- * Methanal kommt auch in rel. großen Mengen im Zigarettenrauch vor (0,1mg/Zig.)

Verwendung:

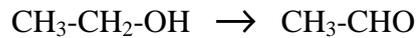
- * Desinfektionsmittel von medizinischen Geräten.
- * Konservierungsmittel von biologischen Präparaten.
- * Herstellung von Phenol-Formaldehydharz, das zur Produktion von Spanplatten dient. Aus den Spanplatten kann nicht umgesetzter Formaldehyd abdampfen und so die Luft von Innenräumen sättigen (mit Versuchsvorführung).

Aufgabenstellung:

- * **Erkläre, warum sich Formaldehyd so gut in den Schleimhäuten löst!**
- * **Erkläre, warum Formaldehyd aus Pressspanplatten austreten kann!**
- * **Wie hoch schätzt du das Risiko ein, von einem geräucherten Lebensmittel Krebs zu bekommen?**

2.1.5.2 Ethanal (Acetaldehyd):

Acetaldehyd bildet sich im Körper nach Alkoholkonsum. So wird die Hauptmenge des Ethanols in den Leberzellen durch das Enzym Alkoholdehydrogenase (ADH) zu Acetaldehyd oxidiert.



Ethanol

Ethanal

Die dämpfende Wirkung von Alkohol auf das Zentralnervensystem (verminderte Reaktionsfähigkeit, Gleichgewichtsstörung, Katerstimmung, etc.) erklärt man sich unter anderem durch die Bindung des (beim Ethanolabbau entstehenden) Acetaldehyds mit biogenen Aminen wie Serotonin, Dopamin, Noradrenalin und Adrenalin. Dadurch können diese Amine ihre Funktion als Neurotransmitter nicht mehr erfüllen, was zu einer Verschlechterung der Nervenleitung führt.

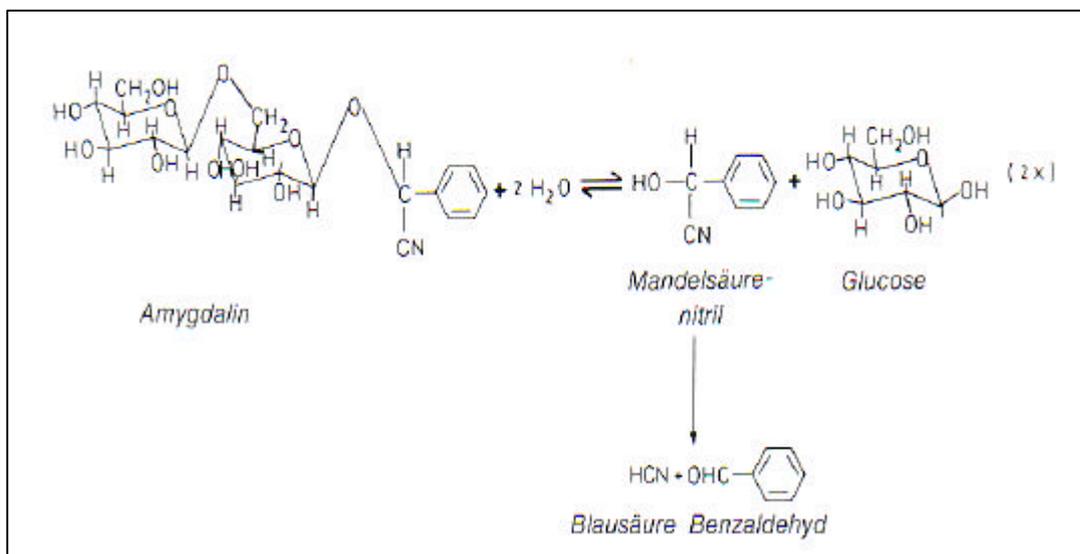
Aufgabenstellung:

Welches Halbacetal reichert sich im Blut an, wenn man Katerstimmung mit einem Gläschen Schnaps vertreiben will?

2.1.5.3 Benzaldehyd (Mandelöl)

Benzaldehyd liefert das charakteristische Marzipanaroma. In bitteren Mandeln ist das Benzaldehyd in Amygdalin chemisch gebunden. Hohe Temperaturen oder die Magensäure führen zur Freisetzung von Blausäure HCN. Tödliche Dosis: 1mg/kg Körpergewicht. Bittere Mandeln bzw. Pfirsichkerne enthalten ca.5 % Amygdalin bzw. 0,3% HCN ; d.h. 50 g bittere Mandeln sind für 50 kg Menschen tödlich!!!

Reaktionsgleichung, die zur Freisetzung von HCN aus Amygdalin führt (Ternes, 1994):

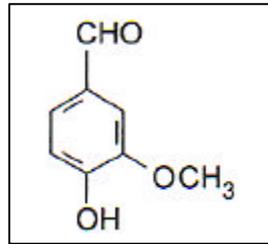


Aufgabenstellung:

- ★ *Wie viele Kerne müsstest Du einnehmen, um die tödliche Dosis zu erreichen? (Ein Kern wiegt ca. 2g.)*
- ★ *Warum ist Marzipangenuss unbedenklich, obwohl das Etikett von Benzaldehyd das Gefahrensymbol „mindergiftig“ aufweist?*

2.1.5.4 3-Methoxy-4-hydroxybenzaldehyd (Vanillin)

Formel:



Vorkommen: Vanilleschote

Gewinnung: - Extraktion der Vanilleschote („natürliches Aroma“)
- Umwandlung von Lignin zu Vanillin. Lignin stammt aus Abfällen der Papierindustrie („naturidentisches Aroma“).

Eigenschaften: Intensiv süß-rahmiger Duft und Geschmack

Verwendung: Basisnote in der Parfümerie
Aromatisierung von Lebensmitteln

Aufgabenstellung:

★ *Bewerte Lebensmittel, die mit „naturidentem bzw. natürlichem Vanillearoma“ angereichert wurden, hinsichtlich ökologischer, ökonomischer und toxikologischer Gesichtspunkte! Begründe Deine Aussage!*

2.1.5.5 Propenal (Acrolein)

Formel:

Acrolein entsteht beim Überhitzen bzw. bei längerem starkem Erhitzen von Fetten, z.B. Frittieren. Es erzeugt den scharfen Geruch beim Anbrennen von Fett. Acrolein steht in Verdacht, Krebs erzeugend zu sein. Es ist ebenfalls im Zigarettenrauch in hohen Dosen enthalten.

2.1.5.6 Aldehyde mit fruchtigem Geschmack

Name der Verb.	Geruch
Cis-2-Hexenal	Frisches Gras, Blätter, Apfel
Cis-3-Hexenal	Tomate
Trans-3-Hexenal	Marille
Cis-2-Octenal	Champignon
Cis-2-Nonenal	Gurke

Obwohl sich die Aldehyde im Molekulaufbau kaum unterscheiden, ist unser **Geruchssinn** in der phänomenalen Lage, sie jederzeit und einwandfrei zu unterscheiden. Der Grund liegt in der speziellen Art der Molekülwahrnehmung, die im Punkt 5 erläutert wird.

Im Kapitel 2.1.5 wurde nun versucht, die Themen so aufzuarbeiten, dass ein Teil der vom IMST²-Team vorgeschlagenen Leitlinien abgedeckt wird. Hierfür wurden in der Re-Emotionalisierungsphase wieder Emotionen erzeugt und mit dem schon vorhandenen Wissen kombiniert, um den SchülerInnen durch lebensnahe und alltagsrelevante Beispiele Erfahrungen in den folgenden Bereichen zu ermöglichen:

*Problemlösung und Bewältigung
Umgang mit Wissenschaftsmissbrauch
Bewertung von Produkten*

Als Teilbereiche sind diese in den Leitlinien (siehe S 5) enthalten.

So wurde etwa im Punkt 2.1.5.1 über das Gefahrenpotential von Pressspanplatten diskutiert. Mit emotional geführtem Unterricht konnten die SchülerInnen darüber schockiert werden, dass in ihrer unmittelbaren Umgebung reizendes Formaldehyd zu Lungenschäden führen kann. Die hierbei erzielten negativen Assoziationen wurden jedoch bald in positive umgewandelt, indem die SchülerInnen mit Wissen ausgestattet wurden, wie eine solche Belastung vermieden bzw. vermindert werden kann. Weiters wurde auch über jene Reaktion gesprochen, die morgens des öfteren zur Katerstimmung führt. Eine Reaktion, die aus der Alltagswelt so mancher Jugendlichen stammt, erlaubte mir also die Oxidation von Ethanol und die hohe Reaktionsfreudigkeit von Ethanal zu diskutieren. Während der Auseinandersetzung mit den Aldehyden Benzaldehyd und Vanillin wurden, wie in der Einleitung, wieder Proben durch die Schülerreihen gereicht, um sie an die Gerüche zu erinnern. Die daraus entstandene Aufmerksamkeit wurde genutzt, um mit dem vermittelten Wissen Produkte bezüglich Toxikologie, Ökologie und Ökonomie bewerten zu können.

2.1.6 Der Geruchssinn

Der Geruchssinn ist ein sogenannter chemischer Sinn, der zur Wahrnehmung von gasförmigen Stoffen dient. Wesentliche Voraussetzung für einen Duft- bzw. Geschmackstoff ist seine leichte „Flüchtigkeit“ (niedriger Siedepunkt). Um leicht in den Gasraum treten zu können, müssen die Moleküle entweder kurzkettig oder ungesättigt sein. Auffallendes Merkmal vieler ungesättigter Duftstoffmoleküle ist das Vorhandensein von cis-Doppelbindungen.

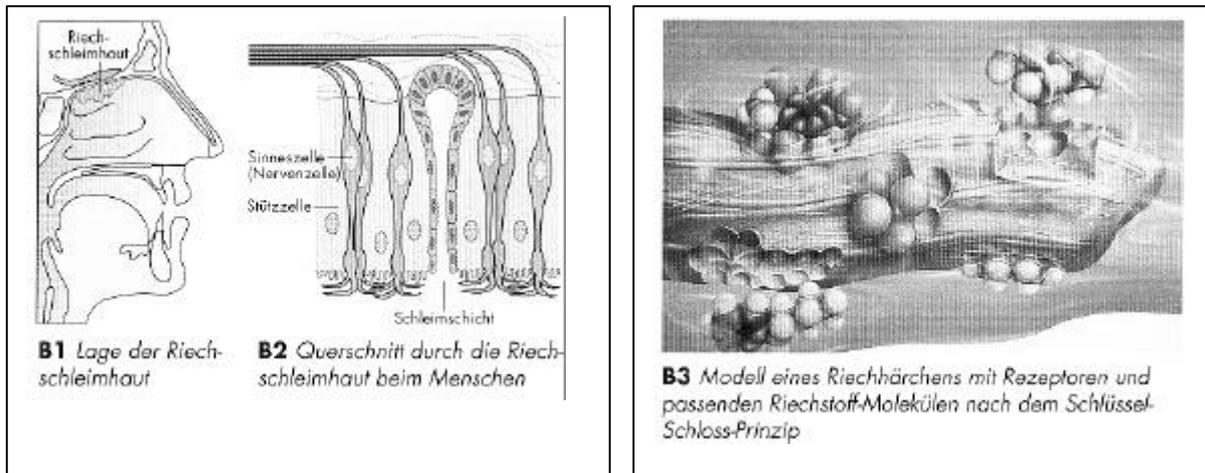
Grund: Eine cis-Doppelbindung verursacht räumlich einen Knick in der C-Kette und erschwert so das Zusammenlagern der Moleküle. Dadurch können sich nur mehr schwache zwischenmolekulare Kräfte ausbilden.

Anatomie: Ca. 10 Milliarden Riechsinneszellen sind in einer bestimmten Region der Nasenschleimhaut (Briefmarkengröße) eingebettet. Jede Riechsinneszelle, mit einer Lebensdauer von ca. nur einem Monat, trägt zahlreiche Sinneshärchen, an deren Membranen sich verschiedenste Rezeptoren befinden.

Prinzip der Duftwahrnehmung:

Duftstoffmoleküle können mit Rezeptoren wechselwirken; dies führt zu einer Änderung der Membrandurchlässigkeit für Kationen, was eine Depolarisierung der Nervenzelle zur Folge hat. Das Signal wird über den Riechlappen direkt an den Hypothalamus oder limbisches System (Sitz des Unterbewusstseins) weitergeleitet.

Schematische Darstellung der Riechschleimhaut und Rezeptorwirkung (Tausch, 2001)



Der Grund für die gute olfaktorische Unterscheidung von Stoffen, die sich bezüglich ihrer Halbstrukturformeln kaum unterscheiden, ist ihr doch unterschiedlicher räumlicher Aufbau. Aufgrund des Schlüssel-Schloss-Prinzips reagiert ein Rezeptor auf jede kleinste Veränderung im Molekül.

2.1.7 Ketone als Pheromone

a) Definition, Einteilung und Verwendung

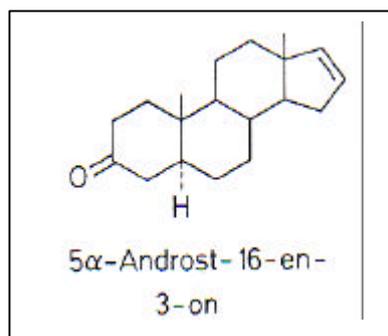
Pheromone sind Substanzen, die in geringsten Konzentrationen der chemischen Verständigung von Organismen dienen. Die Einteilung erfolgt nach ihrer Funktion: Sexuallockstoffe, Alarmstoffe (z.B. **2-Heptanon** bei Honig-Bienen), Versammlungsstoffe, Wegmarkierungsstoffe. Zur Wegmarkierung reichen Mengen von 0,1 Pikogramm/cm!!

Verwendung finden Pheromone auch im biologischen Pflanzenschutz. So gelingt es z.B. durch das Auslegen von Sexualpheromonen die männlichen Borkenkäfer in Massen zu fangen oder zu desorientieren (FALBE et al., 1995).

b) Wirkung von Pheromonen am Beispiel des Ebers

Ist der Eber zur Kopulation mit der Sau bereit, hustet er ihr das Pheromon **Androst-16-en-3-on** (zyklisches ungesättigtes Keton) in die Nase. Dieses Molekül löst bei dem weiblichen Schwein einen Stillhaltereflex aus, wodurch er sein Vorhaben ohne größere Probleme durchführen kann. Interessanterweise findet man dieses Molekül auch im Achselschweiß von Männern (KARLSON, 1994).

Halbstruktur von Androstenon:



c) **Wahrnehmung und Bedeutung von Pheromonen beim Menschen**

Die Wahrnehmung von Pheromonen findet beim Menschen im *vomeronasalen Organ*, einer winzigen Vertiefung in der Nasenscheidewand, statt. Unbewusst empfangen, beeinflussen Pheromone unser Verhalten, so z.B. auch das der Partnerwahl. Ein empfangenes Pheromon, wird dann positiv beurteilt, wenn sich bestimmte Gene des Immunsystems (sog. MHC-Gene) stark unterscheiden. Der Sinn liegt darin, dass ein Kind aus der Liaison unterschiedlicher Abwehrkräfte besonders überlebensfähig ist. Interessanterweise verändert die Antibabypille die Pheromon-Vorliebe. Da die Pille dem Körper eine Schwangerschaft vorgaukelt, beurteilt die Frau „verwandtriechende Pheromone“ als sympathisch, da in solch einer Phase Familienunterstützung gesucht wird. Man vermutet, dass Frauen, die sich unter Pilleneinfluss verlieben, nach der Absetzung des Medikaments irritiert feststellen, dass der Partner nicht mehr so attraktiv wirkt.

Das beim Eber so bedeutende Pheromon Androstenon spielt auch beim Menschen eine gewisse Rolle. Dieses Molekül, das im Achselschweiß von Männern produziert wird, empfinden Frauen als eher abstoßend. Doch während des Eisprungs verändert sich die Wahrnehmung zum positiven. Androstenon wird zum Aphrodisiakum. (POLLMER, 2001)

In den Abschnitten 2.1.6 und 2.1.7, in denen Duftstoffe und Pheromone behandelt wurden, ging es auch hier wieder darum, Alltagsphänomene mit all ihren Sinneseindrücken ins Klassenzimmer zu holen, sie auf naturwissenschaftlicher Basis verstehen zu lernen, um sie dann wieder in die Welt der Jugendlichen zu entlassen. Diese beiden Themen sind ideal dazu geeignet, SchülerInnen zu vermitteln, dass man mit der Naturwissenschaft Chemie die Welt mit all ihren Feinheiten besser verstehen kann.

2.2 Praxisunterricht

Wie eingangs schon erwähnt, nahmen am Praktikumunterricht 12 SchülerInnen jeder Klasse teil, die sich in Gruppen zu je zwei Personen aufteilten. Sie wurden dazu angehalten, während des Experimentierens Protokoll zu führen, um am Ende der praktischen Arbeit die Ergebnisse interpretieren zu können. In vier Nachmittagen wurden die SchülerInnen mit Experimenten konfrontiert, anhand deren der Weg eines Duftstoffes von einer natürlichen Quelle bis zur Herstellung eines Parfums verfolgt werden konnte: Von der Destillation und Extraktion über Synthese und Reinigung bis zur Komposition eines Parfums.



2.2.1 Isolierung von natürlichen Duftstoffen aus Zitrusfrüchten und Gewürzen

In den ersten drei Unterrichtseinheiten waren die SchülerInnen damit beschäftigt, die Duftstoffe von Orangen-, Zitronen- oder Mandarinschalen bzw. von Zimtpulver mittels Wasserdampfdestillation, Soxhlet-Extraktion und Kaltextraktion zu isolieren. Nach der Gewinnung wurden die Isoliermethoden und die gewonnenen ätherischen Öle miteinander verglichen und bewertet.

Die Isolierung der ätherischen Öle aus Schalen von Zitrusfrüchten mittels Destillation und Extraktion hatte den Sinn, SchülerInnen mit Methoden vertraut zu machen, die in der Technik sowie Laborpraxis häufig Anwendung finden. Durch den Vergleich der drei verwendeten Methoden, sowie der ätherischen Öle, sollten sie qualitative und quantitative Unterschiede feststellen sowie bewerten können.

2.2.2 Synthese des naturidenten Duftstoffes Zimtaldehyd

In diesem anspruchsvollen Experiment standen die Schüler vor der Aufgabe, aus Acetaldehyd und Benzaldehyd den naturidenten Duftstoff Zimtaldehyd herzustellen. Diese Claisen-Umlagerung erfolgte in einem Destillierkolben unter Rückfluss. Die Trennung des Produktes von den Ausgangsstoffen erfolgte durch Ausnützung der unterschiedlichen Löslichkeit in Ether.

Bei diesem Experiment mussten die SchülerInnen ausrechnen, wie viel Zimtaldehyd sie bei den eingesetzten Mengen an Ausgangsstoffen bei einer Ausbeute von 80 % zu erwarten haben. Zuletzt wurde mit den SchülerInnen der qualitative, ökologische und ökonomische Unterschied zwischen dem naturidenten Aroma des Zimtaldehyds und dem natürlichen Aroma des Zimtexttrakts aus Versuch 1 herausgearbeitet.

Die Synthese von Zimtaldehyd sollte die SchülerInnen mit der Technik der Rückflussdestillation, sowie mit der Isolierung eines Produktes von den Ausgangsstoffen vertraut machen. Die Ausarbeitung der Unterschiede zwischen dem reinen Zimtaldehyd und dem Zimtextrakt sollte den SchülerInnen die Fähigkeit geben, Produkte mit unterschiedlichen Inhaltsstoffen (natürliches kontra naturidenten Aroma) bewerten zu können.

2.2.3 Synthese naturidenter Duftstoffester

Im dritten Teil des Duftstoffpraktikums galt es Fruchtster herzustellen. In einer Destillationsapparatur gewann man unter Rückfluss Essigsäurebutylester, der bekanntlich zur Aromatisierung von „Eiszuckerl“ verwendet wird. Die Isolierung erfolgte durch Dichtentrennung mit Wasser, die Trocknung gelang mit wasserfreiem Calciumchlorid. Während der Darstellung wurde auf die gewählten Versuchsbedingungen, sowie auf die Rolle der Schwefelsäure als Katalysator und Gleichgewichtsverschieber eingegangen.

Im Eproutettenmaßstab stellten die SchülerInnen noch weitere Ester wie Salicylsäuremethylester, Benzoesäuremethylester etc. dar. Bei diesen Reaktionen sollte eine Zuordnung der hergestellten Ester zu bekannten Gerüchen hergestellt werden.

Im dritten Teil, der sich mit der Darstellung der Ester beschäftigte, wurden die SchülerInnen damit konfrontiert, mit welchen Methoden man in die Reaktionskinetik eingreifen kann, um zum Beispiel die Ausbeute eines gewünschten Endproduktes oder die Geschwindigkeit der Reaktion zu erhöhen. Ein sehr wichtiges Ziel chemischer Grundbildung ist die Erkenntnis, dass das chemische Gleichgewicht einen immensen Einfluss auf die Wechselwirkungen zwischen den Stoffen nimmt. Die durchgeführten Versuche sollten den Teilnehmern Einsichten über Gleichgewichtseinstellungen bzw. -verschiebungen geben.

2.2.4 Kreation eines Parfums

Zum Abschluss des Praktikums erfreuten sich die SchülerInnen an der Aufgabe, selbst ein Parfum kreieren zu dürfen. Es standen ihnen dazu reiner Alkohol, Wasser und diverse ätherische Öle, die aus dem Reformladen stammten, zur Verfügung. Die selbst entworfenen Mischungen wurden anschließend am eigenen Körper angewendet und von den Mitschülern bewertet. Die in Fläschchen abgefüllten Parfums erhielten einen Namen und durften von den Schülern als Souvenir behalten werden.

Ein Ziel des Praktikums war die Vermittlung von fachspezifischen Fähigkeiten um den SchülerInnen ein Bewusstsein zu schaffen, wie naturwissenschaftliches Arbeiten funktioniert. Grundbildend sollte das Praktikum den SchülerInnen eine Akzeptanz für die Wissenschaft Chemie schaffen. Ein Parfum ist ein Produkt, das in der Gesellschaft einen hohen Stellenwert genießt, für dessen Produktion viel Know-how erforderlich ist. Einen Einblick in diese Fähigkeiten und das im Unterricht geschaffene Wissen über Duftstoffe sollte also bei den SchülerInnen den Stellenwert des Faches bzw. der Wissenschaft Chemie erhöhen.

3 ERGEBNISSE UND REFLEXIONEN

Die im Folgenden nun erläuterten Ergebnisse stützen sich auf mündliche und zum Teil auf schriftliche Schülermeldungen während und nach dem Unterricht, auf eine Diskussionsrunde nach dem Duftstoffpraktikum, sowie auf ein Protokoll, das ich während des Projekts führte.

Das Kapitel „Aldehyde und Ketone“ war prädestiniert, die SchülerInnen in emotionale Stimmung zu bringen. Durch die Auswahl von Alltagsprodukten sowie alltäglichen Themen konnte ich meiner Wahrnehmung nach eine enorm hohe Aufmerksamkeit im Klassenzimmer erzeugen. Sehr überraschend war für mich die (beabsichtigte) Unzufriedenheit, die ich bei den Jugendlichen in der Irritationsphase auslöste. Die SchülerInnen waren es wahrscheinlich nicht gewöhnt, auf Antworten warten zu müssen, noch dazu auf solche, die einen Einfluss auf ihren Lebensstil haben könnten. Die in der Einleitung gestellten Fragen bzw. aufgestellten Behauptungen schienen die Jugendlichen stark zu beschäftigen und so entstand bei den meisten eine hohe Akzeptanz für die Aneignung von theoretischem Wissen. Im Punkt 2.1.5, in dem die Re-Emotionalisierung eingeleitet wurde, war eine Art von Unterricht möglich, wie man es sich als Lehrer nur wünschen konnte. Aus einem Frontalunterricht entstand eine offene Unterrichtsform, in der die SchülerInnen mit vielen Kommentaren und Zusatzfragen den Unterricht belebten und bereicherten. Sehr überraschend war für mich, welche Schwierigkeiten die SchülerInnen beim Lösen der in Punkt 2.1.5 gestellten Aufgaben hatten. Diese Aufgaben waren so gestellt, dass man sie mit dem im Unterricht vermittelten Wissen lösen hätte können. Ein Argument für die Aneignung von Wissen ist dessen Notwendigkeit für das Lösen von Problemen und für das Verstehen von Alltagsphänomenen. Wissen allein ist aber dafür noch nicht hinreichend: Nach der Reflexion dieses Projektes kam ich zu der Erkenntnis, dass diese Fähigkeit nicht als Selbstverständlichkeit angesehen werden darf, sondern im Unterricht durch intensives Üben erst erworben werden muss.

Erst nachdem der Theorieunterricht über Aldehyde und Ketone abgeschlossen war, wurde den SchülerInnen ein Duftstoffkurs mit freiwilliger Teilnahme angeboten. Dass sich in beiden Klassen ca. 45 % der SchülerInnen dazu meldeten, war für mich eine Bestätigung für das hohe Interesse, das ich in diesem Kapitel wecken konnte. Erschwerend war für mich die Erkenntnis, dass sämtliche Teilnehmer noch nie an einem Praktikumunterricht teilgenommen hatten. Ich musste also bei Null beginnen und den Jugendlichen eine Schnelleinführung im praktischen Arbeiten erteilen. Obwohl sich am ersten Nachmittag einige SchülerInnen von den vielen neuen Begriffen und Arbeitstechniken überfordert fühlten, tat dies der Begeisterung der Jugendlichen keinen Abbruch. Das zweite Experiment (2.2.2), das zur Herstellung von Zimtaldehyd führen sollte, war für die „Anfänger“ etwas zu anspruchsvoll. So konnte einerseits nur eine geringe Ausbeute erzielt werden, andererseits gelang die nachfolgende Trennung von den Ausgangsstoffen nicht effizient genug. Dies hatte zur Folge, dass im Endprodukt der Geruch von Benzaldehyd vorherrschte und Zimtaldehyd nur schwach wahrgenommen werden konnte. Für die olfaktorische Unterscheidung von reinem Zimtaldehyd und dem Zimtextrakt aus der Wasserdampfdestillation musste also eine Probe aus dem Fachhandel herhalten. Obwohl das Experiment nicht wie erwartet ausgefallen war, konnte den SchülerInnen gerade durch die aufgetretenen Probleme vor Augen geführt werden, dass die Gewinnung einer synthetischen Reinsubstanz viel Wissen und Erfahrung erfordert. Eine ungeheure Freude hatten die SchülerInnen mit der Kreation ihres eigenen Parfüms. Auch wenn das Endprodukt nicht immer den Erwartungen der Teilnehmer entsprach, waren sie trotzdem sehr stolz auf ihre Kreation. Die Herstellung eines für den Alltag fast unentbehrlichen Produktes sollte der Lohn für die Anstrengungen sein, die während des gesamten Praktikums aufgebracht werden mussten. Leider ist es in den ersten drei Experimenten nicht gelungen, die gewonnenen Duftstoffe in einer Reinheit zu gewinnen, dass

sie für die Herstellung der Parfüms verwendet hätten werden können. Bei einer Wiederholung dieses Praktikums sollte also auf die Erhöhung der Reinheit der gewonnenen Duftstoffe Wert gelegt werden.

Sehr hilfreich war für dieses Projekt die Zusammenarbeit mit dem IMST²-Team. Die ausgearbeiteten Leitlinien haben dazu beigetragen die Themen so auszuwählen, dass der Erwerb chemischer Grundbildung bei den SchülerInnen erleichtert und als unverzichtbarer Bestandteil der Allgemeinbildung für das Verstehen der Alltagswelt erlebt wird. Im Folgenden möchte ich zwei Punkte hervorheben, die bei der Reflexion des Projektes besonders hervortraten.

AUS DEM KLASSENZIMMER IN DEN ALLTAG UND RETOUR

Fasse ich die Schülermeldungen zusammen, die nach dem Unterricht bzw. im Praktikum abgegeben wurden, komme ich zu dem Schluss, dass der dokumentierte Unterrichtsstil bei den SchülerInnen „gegriffen“ hat. Sie begannen sich auch außerhalb der Klassenzimmer mit der Chemie, die im Alltag auftaucht, zu beschäftigen. Das Lesen von Etiketten und Zeitungsartikeln sowie das Interpretieren von Meldungen aus den Medien schien mit der Zeit auch im Leben der Jugendlichen zu einer Selbstverständlichkeit zu werden. Auch wurde das erworbene Wissen gerne im Familien- und Freundeskreis wiedergegeben, woraus sich schon des öfteren emotional geführte Diskussionen ergeben haben sollen. Schon mehrmals rügten mich Mütter beim Elternsprechtag, dass ihr Waschmittel nicht so schlecht sei, wie es die Bewertung im Unterricht ergeben hat. Weiters haben Eltern in meinen Sprechstunden berichtet, dass ihre Kinder seit geraumer Zeit die Lebensmittel, die auf den Tisch kommen, mit naturwissenschaftlichen Kommentaren prüfen und bewerten.

FÜR DAS LEBEN LERNEN

Eine sehr erfreuliche Aussage war für mich der Kommentar einer Schülerin, dass sie in dem Fach Chemie nicht nur für die Schule, sondern auch etwas für das Leben lernen konnte. Diese Art des Unterrichtens weckte bei den SchülerInnen viel Aufmerksamkeit und Interesse.

Einige Auszüge aus einer schriftlichen Evaluation nach dem abgehaltenen Duftstoffkurs:

Frage: Konntest Du dem Fach Chemie etwas Positives abgewinnen?

„Für mich war Chemie das einzige Fach, wo ich mich gefordert fühlte, wo ich logisch denken durfte und wo ich über irgendwelche Phänomene des täglichen Lebens nachdenken durfte und Zusammenhänge erkennen konnte. Das hat mir großen Spaß gemacht, und ich habe mich auf die Stunden gefreut, denn ich empfand das Lernen eher als „ich darf lernen“ als „ich muss lernen“.

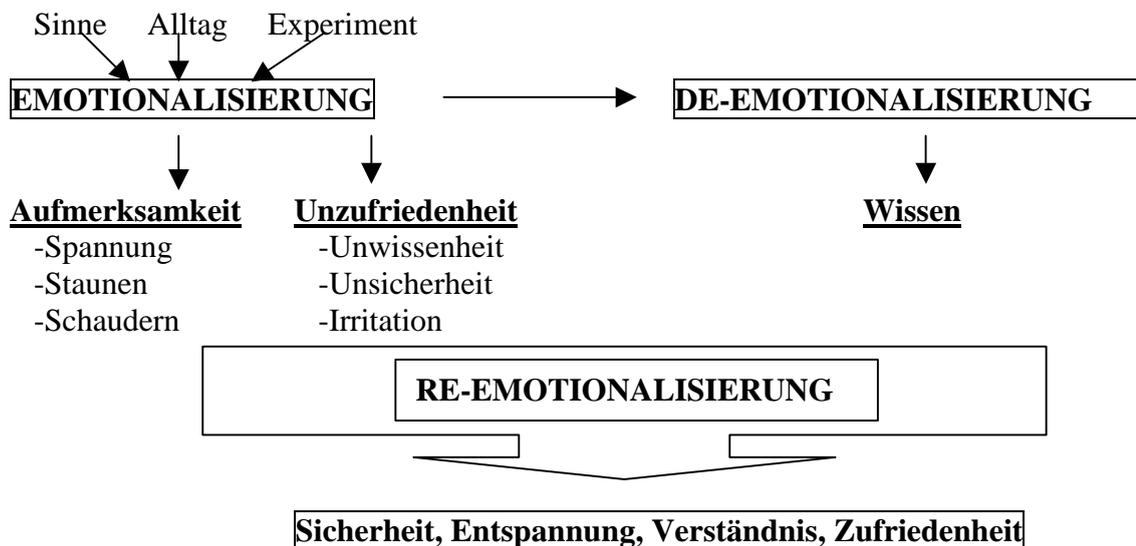
„Es ist wirklich selten, dass man aus einem Unterricht so viel mitnehmen kann, wie aus Chemie. Kein Fach motivierte uns so, kritisch zu denken und alle Dinge zu hinterfragen. Es ist Ihnen gelungen, viele dazu zu bringen auch im Leben mitzudenken.“

Es scheint mit dieser Art der Unterrichtsform möglich zu sein, die SchülerInnen zu kritischem Denken und Handeln anregen zu können. Ich denke, viele SchülerInnen gelangten zu dem Bewusstsein, dass man mit dem Wissen aus dem Unterricht nicht mehr den Meldungen aus den Medien und der Werbung ausgeliefert ist, sondern mit diesem Wissen als Grundlage eigene Entscheidungen treffen kann. Diese Fähigkeit schätzen die Jugendlichen sehr und danken es mit entsprechender Aufmerksamkeit und Wertschätzung. Die vorgestellte Art zu unterrichten ist meines Erachtens sowohl für Lehrer, als auch für Lernende ein erfolgversprechender Weg, Grundbildung zu vermitteln. Sehr hilfreich war in diesem Zusammenhang die Kooperation mit dem IMST²-Team, da die von ihm vorgeschlagenen Leitlinien für naturwissenschaftliche Grundbildung als stete Wegweiser für das gesamte Projekt fungierten.

4 ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

Dieses Projekt sollte vor Augen führen, wie mit einer Emotionalisierung des Unterrichtes die SchülerInnen für den Chemieunterricht begeistert werden können. In der ersten Phase der Emotionalisierung wurde durch das Ansprechen von Sinneswahrnehmungen, durch Alltagsthemen bzw. -produkte und Experimente für Spannung und Staunen im Klassenzimmer gesorgt. Die entstandene Aufmerksamkeit wurde nun genutzt, um in der zweiten Phase der Emotionalisierung die SchülerInnen in einen unzufriedenen Zustand zu führen, indem Sie in einen kognitiven Konflikt geführt wurden. Die in Aussicht gestellte Lösung des Konflikts sorgte bei den Jugendlichen für eine hohe Akzeptanz des Lernaufwandes, die sich in der Phase der De-Emotionalisierung durch rege Mitarbeit bemerkbar machte. Die Re-Emotionalisierung wurde schließlich genutzt, um Gelegenheit zum Erwerb und zum Einüben von Kompetenzen zu geben, die wesentlich zur Grundbildung gehören.

Das untenstehende Schema verdeutlicht die gewählte Vorgangsweise:



Zusammenfassend scheint die Abfolge von Emotionalisierung – De-Emotionalisierung und Re-Emotionalisierung ein erfolgversprechender Weg in Richtung Grundbildung zu sein. Die vielen positiven Rückmeldungen von SchülerInnen und Eltern haben mich veranlasst, in diese Richtung weiter zu gehen. Das heißt, der gesamte Stoff wird in der in dieser Arbeit vorgestellten Weise neu überarbeitet, so dass durch den gezielten Einsatz von Emotionen grundbildende Inhalte, Kompetenzen und Einstellungen, die sich durch die Kooperation mit dem IMST²-Team immer klarer herauskristallisieren, leichter erworben werden können.

5 LITERATUR

ANTON, M.

Experimente als Motivationsfälle im Chemieunterricht.
Chemisches Kolloquium des Fachbereichs Chemie und Chemietechnik.
Universität Paderborn. 28.01.2002.

EISENBRAND, G. und METZLER, M.

Toxikologie für Chemiker
Georg Thieme Verlag, Stuttgart. New York
1994

FALBE, J. und REGITZ, M.

CD-Römpp Chemie Lexikon
Georg Thieme Verlag Stuttgart. New York
9. Auflage Version 01 1995

KALSON, P., DOENECKE, P., KOOLMANN, J.

Kurzes Lehrbuch der Biochemie
Georg Thieme Verlag Stuttgart. New York
14. Auflage 1994

POLLMER, U.

Liebe geht durch die Nase
Kiepenheuer u. Wietsch
Köln, 2001

RIEDER, O.

Die Entwicklung des kindlichen Fragens.
Studie zur Begabungsforschung und Bildungsförderung 3
München/Basel 1968, S.14

TAUSCH, M. und WACHTENDONK, M.

Chemie 2000+
C. C. Buchners Verlag
Bamberg 2001

TERNES, W.

Grundlagen der Lebensmittelzubereitung
Berhr's Verlag
1994