



Genussmittel (im) Chemie-Unterricht

Analyse und Herstellung von Lebensmitteln im Rahmen von Schüler-Übungen und Chemie-Unterricht



Gliederung

1	Annahmen zum Erfolg bzw. Misserfolg von Chemieunterricht	4
1.1	Chemie als naturwissenschaftliches Unterrichtsfach.....	4
1.2	Chemie-Unterricht aus Lehrenden-Sicht	4
1.3	Chemieunterricht aus Lernenden-Sicht	4
1.4	Ziele der Vorschläge aus dieser Handreichung.....	5
1.4.1	Der Beitrag zu Modul 1: Weiterentwicklung der Aufgabenkultur im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht.	7
1.4.2	Der Beitrag zu Modul 2 Naturwissenschaftliches Arbeiten.....	9
1.4.3	Der Beitrag zu Modul 4 Sicherung von Basiswissen.....	10
1.4.4	Der Beitrag zu Modul 6 Fächergrenzen erfahrbar machen: Fachübergreifendes und fächerverbindendes Arbeiten.	11
2	Die Tradition von Lebensmitteln im CU	12
3	Versuche zur Analytik von Lebensmittelinhaltsstoffen und Zutaten.....	16
3.1	Wurst: Nachweis der Umrötung in Wiener Würstchen [].....	17
3.1.1	Wissensbasis.....	17
3.1.2	Didaktisches Potential.....	19
3.1.3	Anleitung.....	19
3.2	Wurst: Nachweis von Phosphaten in Wiener Würstchen [16].....	20
3.2.1	Wissensbasis.....	20
3.2.2	Didaktisches Potential.....	21
3.2.3	Anleitung.....	21
3.3	Brausepulver: Analyse eines Handelsproduktes []	22
3.3.1	Wissensbasis.....	22
3.3.2	Didaktisches Potential.....	22
3.3.3	Anleitungen.....	22
3.4	Reinstoff und Gemisch: ein alternativer Vorschlag für eine einführende Unterrichtseinheit in den Chemieunterricht []	23
3.4.1	Didaktisches Potential.....	23
3.4.2	Anleitungen.....	25
4	Versuche zur Herstellung und Technologie von Süßwaren.....	25
4.1	Brause: Herstellung eines sprudelnden Limonadengetränkes [24]	26
4.1.1	Didaktisches Potential.....	26
4.1.2	Anleitung.....	26
4.2	Bonbons: Herstellung mit und ohne Zucker.....	26
4.2.1	Wissensbasis [].....	26

4.2.2	Didaktisches Potential.....	29
4.2.3	Anleitungen [nach 11 und 12]	29
4.3	Eiskrem: Herstellung nach industriellem Vorbild und Brennwertreduktion [38].	30
4.3.1	Wissensbasis	30
4.3.2	Didaktisches Potential.....	32
4.3.3	Anleitungen	34
4.4	Aromen: Herstellung einer naturidentischen Ananas-Aromakomposition [].....	35
4.4.1	Wissensbasis	35
4.4.2	Didaktisches Potential.....	36
4.4.3	Anleitung.....	37
4.5	Herstellung von Fruchtgummi nach industriellem Vorbild [].....	38
4.5.1	Wissensbasis	38
4.5.2	Didaktisches Potential.....	39
4.5.3	Anleitung.....	41
5	Anhang.....	43
5.1	Umrötung.....	43
5.2	Qualitativer Nachweis von Mono-, Di- und Triphosphat.....	45
5.3	Untersuchungen an Brause-Pulver	49
5.4	Herstellung eines Brause-Getränks.....	51
5.5	Isomalt-Lutscher [nach 11 und 12]	53
5.6	Herstellung von Zucker-Bonbons	55
5.7	Eiscreme	57
5.8	Eiskrem „Schoko“ im Brennwert reduziert	59
5.9	Rezeptanpassung.....	61
5.10	Herstellung von Aromen	63
5.10.1	Ananas- Aromakomposition „Andrea“	63
5.10.2	Kirsch-Aromakomposition „Leo“	67
5.11	Herstellung von Fruchtgummi „Gummibären“ mit Gelatine.....	69
5.12	Reinstoff und Gemisch	73
5.13	Emulsionen.....	75
6	Quellenverzeichnis:	77

1 Annahmen zum Erfolg bzw. Misserfolg von Chemieunterricht

Der Unterricht im Fach Chemie der Sekundarstufe I wird allgemein wie folgt beschrieben:

1.1 Chemie als naturwissenschaftliches Unterrichtsfach

Das Fach Chemie als Naturwissenschaft bemüht sich primär um die ersten beiden Phasen menschlicher Aktivität:

- **Bezeichnen** („Was ist das?“ im Sinne von „Wie heißt das?“); Ergebnis ist ein Begriff zum Zweck der Kommunikation.
- **Untersuchen** („Was kann man damit machen?“, implizit auch „Woraus ist das?“ bzw. „Wie funktioniert das?“); Ergebnis von Beobachtung, Klassifizierung, Experiment und Abstraktion [1] ist eine (übertragbare) Erkenntnis.
- **Handeln** („Nun möchte ich ... machen!“); Ergebnis dieser Anwendungsphase ist eine Veränderung der Umwelt gemäß den neu gewonnenen Erkenntnissen mit dem Ziel, diese Umwelt unseren Bedürfnissen weiter anzupassen.

1.2 Chemie-Unterricht aus Lehrenden-Sicht

- Die Lehrgänge sind fachsystematisch aufgebaut. Die Gliederungen entstammen in der Regel älteren Lehrwerken für den Universitätsbetrieb, die Teilgebiete entsprechend ihrer eigenen inneren Systematik knapp darstellten. Diese Systematiken wiederum widerspiegeln allein den letzten deduktiven Prozess einer vorausgegangenen langen Reihe von induktiv-deduktiven Wechseln, die Quintessenz eines mühsamen Weges der Erkenntnisgewinnung im Rückblick. Ihr genereller Wert für den Lernenden ist, bis auf wenige Lernsituationen, umstritten.
- Es werden allein kognitive Lehrziele verfolgt. Entsprechende Lehrinhalte lassen sich oft operationalisieren, wissenschaftlich korrekt darstellen und Lernenden-Leistungen diesbezüglich mit einfachen Mitteln bewerten.
- Die Darbietung der Inhalte erfolgt in der Regel lehrendenzentriert, nach exakter Vor-konzeption in einer Vorbereitungsphase zu Hause und der fragend-entwickelnden Methode bei der Umsetzung in der Schule. Dabei führen Lehrende die Gedankengänge aller Lernender der Klasse nach dem vorbereiteten Muster.

1.3 Chemieunterricht aus Lernenden-Sicht

- Lernende sehen sich mit dem fertigen Abbild einer Wissenschaft konfrontiert.
- Ihre Aufgabe besteht darin, sich die „Fakten“ der Wissenschaft auf Vorrat anzueignen, im Vertrauen darauf, dass diese irgendwann gebraucht würden. Das wird als nicht machbar empfunden.
- Dabei agieren sie in der Regel passiv-rezeptiv. Aktive Phasen beschränken sich auf die Schwierigkeitsgrade Reproduktion und Reorganisation.
- Nur kognitive Lernziele bringen Erfolge bei Leistungsmessung. Die „Freude am Fach“ oder der Nutzen im Alltag spielen nie eine mehr als zufällige Rolle. Dies wird als „kalt“ und „trocken“ empfunden.

Diese Annahmen werden durch Erfahrungen des eigenen Unterrichts sowie Berichten von Kollegen gestützt. Untersuchungen zum Thema sind spärlich, deuten aber in dieselbe Richtung.

Sollte keine dieser Beobachtungen auf Ihren Unterricht zutreffen, lesen Sie nicht weiter – die Handreichung wird Ihnen nichts Neues bieten.

1.4 Ziele der Vorschläge aus dieser Handreichung

In der Regel wissen wir Chemielehrende durchaus Bescheid über die Mängel des eigenen Unterrichts, auch wenn wir sie nicht gleich im Web publizieren würden. Ein „ungutes Gefühl“ führt oft zu mehr oder weniger privaten Bemühungen um „interessanteren Unterricht“. Ein Forum zum Austausch erfolgreicher Ideen fehlt zurzeit.

Die vorliegende Handreichung kann zu den erkannten Mängeln herkömmlichen Chemieunterrichts folgende Ansätze liefern:

- Nach der zweiten Phase menschlicher Aktivität („Was kann man damit machen?“) bleibt oft die Frage im Raum: „**Wozu** habe ich nun gelernt, was man machen kann ... wenn ich es dann nicht ausprobieren?“ Sie wird gerne in die Zukunft verschoben („Wissen auf Vorrat“) oder aus großindustrieller Sicht (Ammoniaksynthese, Schwefelsäureproduktion, Petrochemie) exemplarisch gelöst. Mit lebensmittelchemischen Themen lässt sich die Frage jedoch viel näher an der Erfahrungswelt der Lernenden konkret beantworten und so oft, als man die Antworten benötigt, um Motivation für weitere theoretische Explorationsphasen zu schöpfen.
- Modellbildung im Sinne von [1] 5.2.3 B (BLK Heft 60) sollte nicht nur ausgehend von fachwissenschaftlichen Konzeptionen geschehen, sondern gemäß dem Entfaltungsmodell von der Erfahrungsebene von Lernenden aus wachsen.

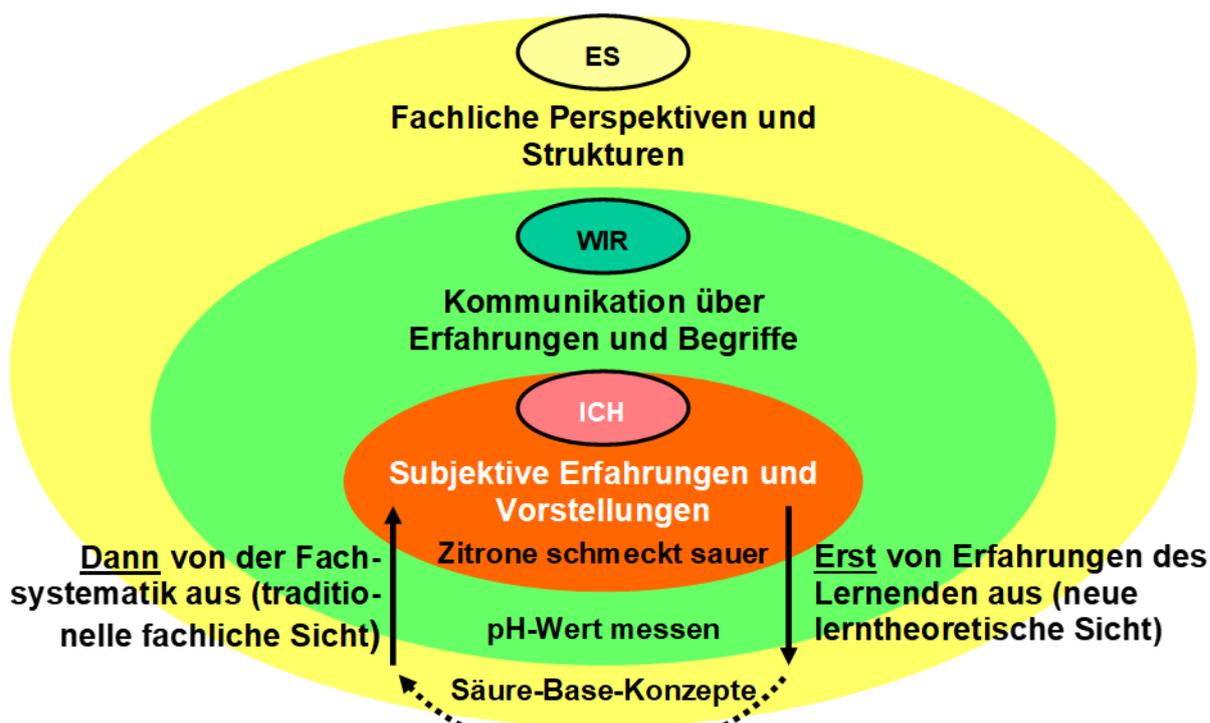


Abb. 1: Das Entfaltungsmodell [2]

- Sie müssen (methodisch) nicht **alles** anders machen als bisher. Fachsystematische Lehrgänge haben auch ihre Stärken, aber sie sollten planmäßig durch induktive Phasen untermauert werden (Bsp. Brause). Lebensmittelchemische Themen, besonders solche zur Produktion, eignen sich hierfür besonders gut.
- Das Verfolgen **affektiver und motorischer Lehrziele** fällt leicht: besonders die Experimente zur Lebensmitteltechnologie behandeln für Lernende sehr attraktive Produkte des Alltags („Gummibärchen“, Eiskrem, Brause). An die attraktiven Tätigkeiten

lassen sich traditionelle Lehrinhalte anbinden. Hinweise hierzu finden sich bei den einzelnen Versuchsvorschriften.

- Die Fachinformation **kann** lehrendenzentriert erfolgen, sie eignet sich aber grundsätzlich gut für eigene Recherchen von Lernenden. Ein „Grundrezept“ ist zwar vorkonzipiert, doch bieten die Experimente viel Raum für eigene Variationen von Lernenden auf unterschiedlichen Niveaus. Die **forschend-entwickelnde Methode** bzw. Erarbeitungsexperimente bieten sich als Abwechslung zum in manchen Fällen unvermeidlichen Unterrichtsgespräch an.
- Lernende erkennen am Beispiel alltäglicher Produkte, wie grundlegende Forschung sich in praktischen Anwendungen äußern kann (Zucker- oder Fettersatzstoffe) und bringen eher Geduld für Themen auf, wo das Vermitteln eines fertigen Abbildes eines Teilbereiches der Chemie unvermeidlich ist (mathematische Modelle). Der Umgang mit „Wissen auf Vorrat“ kann auf das notwendige Minimum beschränkt werden. Das wird als erreichbar empfunden.
- Die Anwendungsphase darf sich nicht auf die (theoretische) Beschreibung von bereits gefundenen (industriellen) Lösungen beschränken, sondern **muss in eigenes Handeln münden**. Sowohl der motorische als auch der kognitive Bereich kann durch den Lernenden selbständig geplant, beschränkt und ausgewertet werden. Die Schwierigkeitsgrade Transfer und problemlösendes Denken sind zwanglos möglich.
- Das offensichtliche Erreichen affektiver Lernziele („endlich machen wir mal was Sinnvolles“) motiviert Lernende **und** Lehrende. Das verlorene Gefühl, heute etwas Erfolgreiches geleistet zu haben, ist wieder wahrnehmbar.
- Selbst zu treffende und leicht zu realisierende Variationen der angebotenen Rezepte führen vorsichtig zur Umsetzung der Forderung hin, zu einem gegebenen Problem **mehrere Lösungen** zu finden.
- Besonders für die nicht weiterführenden Schulen (z.B. Hauptschulen, Realschulen) können **Berufsbilder** chemischer Berufe realitätsnäher vermittelt werden. Die Lebensmittel-Branche beschäftigt mehr technische Arbeitskräfte, bei denen es auf chemische Kenntnisse ankommt, als die chemische Industrie.

Damit lassen sich die Vorschläge hauptsächlich den BLK-Modulen 1 und 4 zuordnen, liefern aber auch in Teilen Beiträge zu den Modulen 2 und 6. Ohne zu diesem Zeitpunkt die Wissensbasis für die Experimente schon zu liefern, sollen Listen möglicher Lehrziele aufgestellt werden. Dabei sei eigens darauf hingewiesen, dass das Gliederungsmuster „erst Grundlagen, dann Anwendung“ in den meisten Fällen mit viel Erfolg auch umgekehrt werden kann:

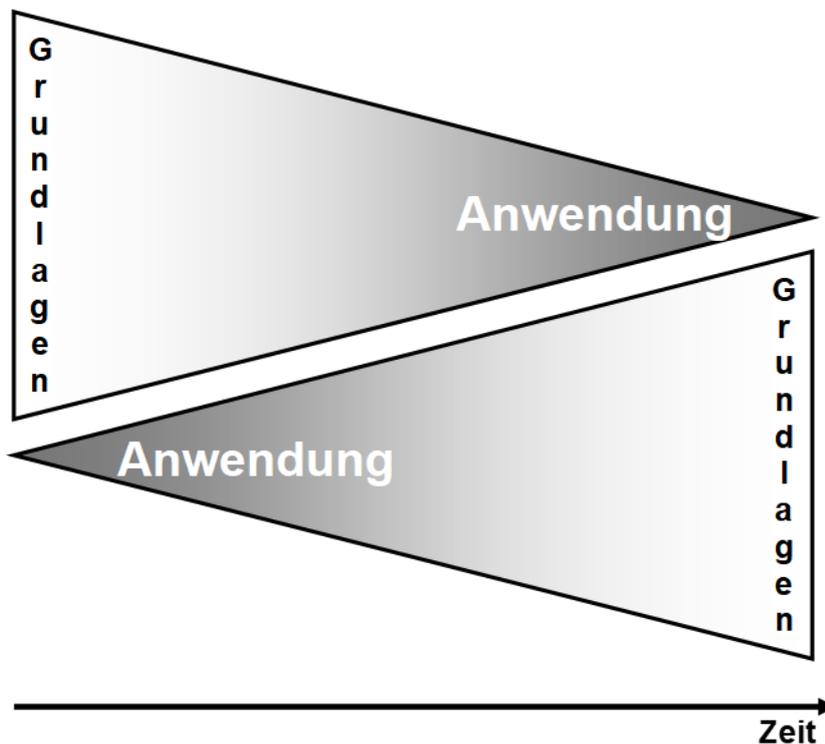


Abb. 2: Zwei mögliche Grobgliederungsmuster für Unterrichtseinheiten

1.4.1 Der Beitrag zu Modul 1: Weiterentwicklung der Aufgabenkultur im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht.

Als Aufgabe sei hier nicht allein das punktuelle Abprüfen kognitiver Schwierigkeitsstufen verstanden, sondern Aufgabenstellungen, die gleichermaßen kognitive, affektive und motorische Lehrziele ermöglichen. Sie können an unterschiedlichen didaktischen Orten ihre Rolle entfalten (Einführung, Problemstellung, Problemlösung, Anwendung, Festigung, Übertragung, ...) bzw. als umfangreichere Lehrzielkontrollen unterschiedlicher zeitlicher Dimensionen (kurz-, mittel-, langfristig) dienen.

Bsp.: Herstellung von Fruchtgummi (Gummibärchen)

Sekundarstufe I:

kognitiv	<ul style="list-style-type: none"> • Lesen, verstehen und umsetzen einer Anleitung. • Beobachten des Quellvorgangs: eine Wasseraufnahme. • Aggregatzustandsänderungen (Schmelzen) folgen bei Naturstoffen (Gelatine) den gleichen Gesetzmäßigkeiten wie bei einfachen Stoffen der unbelebten Natur (Wasser).
motorisch	<ul style="list-style-type: none"> • Abwiegen mit einer Genauigkeit im Grammbereich. • Abmessen von Volumina mit einer Genauigkeit von Millilitern. • Sicheres Umgehen mit Temperaturen über 60°C. • Temperatur messen und verfolgen. • Handhabung einer Tropfpipette.
affektiv	<ul style="list-style-type: none"> • Freude am Ausprobieren neuer Farbkombinationen. • Freude am Geschmack des selbst hergestellten Produktes. • Freude an der Anerkennung von Eltern und Bekannten für das selbst hergestellte, ungewöhnliche Produkt. • Werten des Ergebnisses im Vergleich mit mehreren Handelsprodukten unterschiedlicher Hersteller.
Fachübergreifend	<ul style="list-style-type: none"> • Kunst: Formen von Gegenständen in Plastmasse (Fimo, Ton). • Kunst/Hauswirtschaft: Gestaltung einer ansprechenden Genussmittel-Verpackung.

	<ul style="list-style-type: none"> • Hauswirtschaft: Bedeutung von E-Nummern in der Zusatzstoffdeklaration am Beispiel der Farbstoffe. • Mathematik/Wirtschaft: Berechnung des Herstellungspreises. • Wirtschaft: Anwendung von Maßnahmen zur Produktpräsentation (Trennmittel, Verpackung). • Biologie: Wahrnehmung der Unterschiede im Geschmack (Säure) warmer und kalter Speisen. • Biologie: Zusammenwirken von Säure und Zucker beim Aroma-Eindruck. • Biologie: Einfluss der Farbe auf das Identifizieren eines Aromas.
allgemein	<ul style="list-style-type: none"> • Umsetzung einer Zeitplanung. • Abstimmung von Tätigkeiten in der Gruppe. • Verstehen einer Zutatendeklaration. • Variation des Rezeptes hin zu mehreren Lösungen (individual- oder marktabhängige Lösungen).

Sekundarstufe II:

kognitiv	<ul style="list-style-type: none"> • Der Quellvorgang als Wasseraufnahme in die Hydrathülle von Proteinen (Gelatine). • Schmelzen als Aggregatzustandsänderungen bei Naturstoffen (Gelatine): betroffene zwischenmolekulare Kräfte; Unterschiede bei langkettigen gegenüber kleinmolekularen Stoffen („Anbrennen“). • Maßnahmen zur Vermeidung von Rekristallisation der Zucker. • „Invertierung“ als messbare Folge der säurekatalysierten, hydrolytischen Spaltung einer glycosidischen Bindung. • Künstliche, natürliche und naturidentische Aromen. • Natürliche Farbstoffextrakte gegenüber synthetischen Farbstoffen. • Gelatine als Konsistenzgeber gegenüber nichttierischen (BSE!) Stoffen ähnlicher Funktion (Agar-Agar, Stärke, Pektin).
motorisch	<ul style="list-style-type: none"> • Abwiegen in 0,1 Gramm-Genauigkeit • Sicheres Umgehen mit Temperaturen über 60°C.
affektiv	<ul style="list-style-type: none"> • Freude am Ausprobieren neuer Farb- und Geschmackskombinationen. • Freude am Geschmack des selbst hergestellten Produktes. • Freude an der Anerkennung von Eltern und Bekannten für das selbst hergestellte, ungewöhnliche Produkt. • Werten des Einsatzes natürlicher bzw. synthetischer Farb- und Aromastoffe bzw. tierischer und vegetarischer Konsistenzgeber.
Fachübergreifend	<ul style="list-style-type: none"> • Kunst: Formen von Gegenständen in Plastmasse (Fimo, Ton). • Kunst/Hauswirtschaft/Biologie: Erklärung der Wirkung von Gestaltungsmaßnahmen für eine ansprechende Genussmittel-Verpackung. • Hauswirtschaft: Bedeutung von E-Nummern in der Zusatzstoffdeklaration am Beispiel der Farbstoffe, Säuerungsmittel und Bindemittel. • Mathematik/Wirtschaft: Berechnung des Herstellungs- und Verkaufspreises. • Wirtschaft: Erklärung von Maßnahmen zur Produktpräsentation (Trennmittel, Verpackung). • Biologie: Erklärung der Unterschiede in der geschmacklichen Wahrnehmung (Säure) warmer und kalter Speisen. • Biologie: der Einfluss von Farbe, Säure und Zucker auf den Aroma-Eindruck als Lernvorgang.

allgemein	<ul style="list-style-type: none"> • Selbständiges Umsetzen einer Zeitplanung. • Selbständiges Abstimmen von Tätigkeiten in der Gruppe. • Werten des Ergebnisses im Vergleich mit dem Handelsprodukt in Form einer Diskussion. • Finden und diskutieren von anderen (mehreren) technischen Lösungen für das Formen-Problem. • Anpassung der Säuremenge an das Fruchtaroma als Maßnahme zur Steigerung der Nähe zum natürlichen Fruchtgeschmack.
-----------	--



Abb. 3: Lehrende stellen im Rahmen einer Fortbildung Fruchtgummi her.

1.4.2 Der Beitrag zu Modul 2 Naturwissenschaftliches Arbeiten.

Lehrziele zu u. a. Beispiel lassen sich auch nach dem Muster in 1.4.1 formulieren. Hier soll exemplarisch die Variante unter Betonung des naturwissenschaftlichen Arbeitens ausgeführt werden.

Bsp.: Zusammensetzung und Herstellung von Brausepulver

Sekundarstufe I und II:

kognitiv	<ul style="list-style-type: none"> • In der Natur wie in der Lebensmittelchemie liegen in der Regel Stoffgemische vor. • Die Analyse von Stoffgemischen erfordert abgestuftes Vorgehen. • Stoffgemische lassen sich z.B. auf Grund ihrer unterschiedlichen Farbe, Körnung und Lösungsgeschwindigkeit in Wasser trennen. • Stoffgemische lassen sich über chemische Reaktionen trennen (Hydrogencarbonat reagiert weg). • Die Analyse eines Stoffgemisches ist dann vollständig erfolgt, wenn eine Mischung der identifizierten Komponenten die gleichen Eigenschaften zeigt wie das ursprüngliche Gemisch.
----------	---

	<ul style="list-style-type: none"> • Die Farbe des Brausegetränkes geht auf mehrere Farbstoffe zurück (die Himbeerfarbe z.B. auf ein Gemisch aus einem roten, einem gelben und einem blauen Farbstoff). • Der Geschmacksinn ist nur in jenen Fällen zur Identifizierung von Stoffen geeignet, in denen die Beobachtung zur Hypothese „Lebensmittel“ führt. • Beim Umgang mit Lebensmitteln und schädlicheren Stoffen gleichzeitig sind besondere Vorsichtsmaßnahmen zu ergreifen.
motorisch	<ul style="list-style-type: none"> • Kontrollieren der Menge fester Stoffe: die Massen (Genauigkeit 0,1 Gramm). • Kontrollieren der Menge flüssiger Stoffe: das Volumen (Handhaben einer Tropfpipette). • Stoffe trennen durch Schütteln, Lösen, Dekantieren.
affektiv	<ul style="list-style-type: none"> • Freude am Ausprobieren eigener Hypothesen zu Stoffgemischen (neue Farb- und Geschmackskombinationen). • Freude am eigenen Erfolg (Produkt). • Freude an der Anerkennung von Eltern und Bekannten für das selbst hergestellte Produkt oder die erbrachte analytische Leistung. • Werten des Einsatzes chemischer Technologie und Analytik in Zusammenhang mit Lebensmitteln.
Fachübergreifend	<ul style="list-style-type: none"> • Hauswirtschaft: naturwissenschaftliche Arbeitsmethoden ermöglichen auch in der Küche sehr erfolgreiches Umsetzen und abändern von Rezepten und Verfahren. • Mathematik/Wirtschaft: Rechenverfahren sind eine notwendige Grundlage für jedes Fach (Mathematik als Hilfswissenschaft). • Biologie: der Einfluss von Farbe, Säure und Zucker auf den Aromaeindruck ist allein aus dem Verständnis mechanistisch-funktionalen Prinzipien von Rezeptoren nicht erklärlich (Wertung von Geschmackseindrücken vor dem Hintergrund von Erlerntem).
allgemein	<ul style="list-style-type: none"> • Finden und diskutieren von alternativen Techniken für Analyse und Herstellung. • Erkennen von den Beispielen vergleichbaren Problemen. • Übertragung von exemplarisch gelernten Techniken auf ähnlich gelagerte Probleme.

1.4.3 Der Beitrag zu Modul 4 Sicherung von Basiswissen.

„Wissen“ soll hier allein im Sinne von kognitiven Lehrzielen verstanden werden, „Basiswissen“ also als solche kognitiven Lehrziele, die in manchen Lehrplänen (z.B. Bayern) eigens als Grundbegriffe ausgewiesen sind und im weiteren Unterrichtsverlauf bzw. für das tiefere Verständnis chemischer Zusammenhänge nach zurzeit geltenden didaktischen Grundsätzen nötig sind.

Es sei ausdrücklich darauf hingewiesen, dass den Sicherungsmaßnahmen (für Basiswissen) nicht **nur ein einziger** didaktischer Ort (z. B. nach Abschluss der Wissensvermittlungsphase) zukommt. Vielmehr sollte die gesamte Breite der didaktischen Orte ausgeschöpft werden. In der Sekundarstufe I würde das z.B. bedeuten, dass eine Sicherung von Basiswissen ohne zwingende Einführung von exakten Fachbegriffen („glycosidische Bindung“, „säurekatalysierte Veresterung“, „Mehrphasensystem“) bzw. mit Einführung von Fachbegriffen auf noch nicht weiter ausgeschärfte Stufe („Reaktion unter Wasserabspaltung“, „Mischung“, Wortgleichungen) möglich und didaktisch sinn- bzw. wertvoll ist.

Beispiele	Basiswissen bzw. Grundbegriffe
Fruchtgummi	<ul style="list-style-type: none"> • Saure Hydrolyse (von Saccharose zu Invertzucker) • glycosidische Bindung (in Saccharose) • Disaccharide (Sac), Monosaccharide (Glc, Fru) • Org. und mehrbasige Säuren (Äpfelsäure, Zitronensäure) • Farbstoffe (synthetisch, natürlich) • Aromen (natürlich, naturidentisch, künstlich)
Brausepulver	<ul style="list-style-type: none"> • Gemisch und Reinstoff (Brausepulver – Zucker, Säure) • Verfahren zur Trennung von Gemischen (mechanisch, chemisch) • Reaktion von Säuren mit Salzen (Säure + NaHCO₃) • Darstellung von Gasen (CO₂) • Zwischenmolekulare Kräfte (Wechselwirkung Farbstoff / Kristalle) • Aromen (natürlich, naturidentisch, künstlich)
Eiskrem	<ul style="list-style-type: none"> • Emulsion, Emulgator (Tegomuls, Eigelb) • Schaum, Mehrphasengemische • Kristallisation, Phasenübergang, Energiebeteiligung • Physiologischer und physikalischer Brennwert • Polysaccharide (Inulin als Polyfructosan)) • Fettersatzstoffe (Inulin) • Stabilisatoren (Johannisbrotkernmehl)
Bonbons	<ul style="list-style-type: none"> • Disaccharide (Sac) • Glas (unterkühlte Zuckerschmelze) • Siedetemperatur von Reinstoffen und Gemischen (Zuckerlösung) • Zuckeraustauschstoffe (Isomalt) • Farbstoffe (synthetisch, natürlich) • Aromen (natürlich, naturidentisch, künstlich)
Aromen	<ul style="list-style-type: none"> • Aromen (natürlich, naturidentisch, künstlich) • Ester, Alkanale, Alkanone, Lactone • Säurekatalysierte Veresterung (5 Ester zugänglich) • (mehrwertige) Alkohole als Lösemittel (Ethanol, Propylenglycol) • Destillation (Reinigung der Ester) • Stoffmengenkonzentration (Einfluss auf die Zuordnung als Gefahrstoff am Beispiel von Allylhexanoat (T))

1.4.4 Der Beitrag zu Modul 6 Fächergrenzen erfahrbar machen: Fachübergreifendes und fächerverbindendes Arbeiten.

Bsp.: Herstellung von Eiskrem nach industriellem Vorbild

Im Unterricht bauen sich, vom Lernenden wie vom Lehrenden unbemerkt, Fächergrenzen zwischen Hauswirtschaft, Biologie, Physik und Chemie auf, die völlig unnötig, für die Bedeutung der Chemie sogar höchst schädlich sind. Eine verstärkte Kooperation vor allem der Hauswirtschaft mit dem Chemieunterricht könnte diesem Mangel abhelfen. Die Umsetzung von Rezepten erfolgt durch einen Chemiker durchaus anders als durch Fachlehrende für Hauswirtschaft, wobei beide Seiten profitieren können (Kenntnis von Methoden zur Schaumbildung in Lebensmitteln gegenüber Erklärung von Grundlagen der Emulsions- und Konsistenzstabilisierung auf Teilchenebene). Deshalb finden Fortbildungen an der Universität Bayreuth zu diesem Thema nach Möglichkeit im Tandem statt: Chemielehrende bringen Lehrende der Hauswirtschaft ihrer Schule zu Chemiefortbildungen mit. Aus der Erfahrung heraus, dass bei Fortbildung und Unterricht beide vergleichbares tun, ist ein Abbau der Fächergrenzen ableitbar.

Mathematik in ihrer Teilfunktion als Hilfswissenschaft für die naturwissenschaftlichen Fächer hat oft Mühe, praxisrelevante Beispiele für Rechenverfahren zu finden. Die Rezeptanpassung für Eiskrem an den Wasser- bzw. Fetteintrag durch Geschmack gebende Zutaten (Anh. 5.9) kann sowohl über Gleichungen, als auch über Dreisatzaufgaben gelöst werden. Die folgende praktische Umsetzung des errechneten Rezeptes beweist den Lernenden die Bedeutung und die gegenseitige Abhängigkeit beider Fächer, Mathematik und Chemie.



Abb. 4: Lehrende stellen im Rahmen einer Fortbildung Eiskrem her

2 Die Tradition von Lebensmitteln im CU

Üblicherweise werden im **Chemieunterricht** Stoffe hergestellt, die entsorgt bzw. für eine vergleichbare Verwendung recycelt werden müssen.

Üblicherweise werden im **Hauswirtschaftsunterricht**, Teilgebiet Kochen, Speisen hergestellt, die gegessen werden (müssen).

In beiden Fällen gehen die Lernenden oft mit denselben Stoffen um (Saccharose / Zucker, Natriumchlorid / Kochsalz, Amylose / Maisstärke...), ohne sich jedoch dessen bewusst zu sein. Die Lernenden werden mit dem Knüpfen von Beziehungen zwischen dem, was sie an Fertigkeiten in der Schulküche bzw. zu Hause gelernt, und dem Wissen, das sie im Chemie- bzw. Biologieunterricht in den Fachräumen erworben haben, allein gelassen. Sehr widersprüchliche Argumentation beweist den Mangel an erkannten Beziehungen zwischen den Fächern:

„Ich stimme der Behauptung zu, dass Chemiker die Ernährung der Menschheit sichern.“

„Ich möchte keine Chemie im Essen haben.“ [3]

Der Einzug der Lebensmittel in den Chemieunterricht begann in den späten 70er und frühen 80er Jahren des vorigen (20.) Jahrhunderts. Die Fehling-Reaktion wurde zunehmend nicht mehr mit einer Glucose-Lösung, sondern mit Apfelsaft, die Biuret-Probe nicht

mit Alanin- oder „Protein“-Lösung, sondern mit Milch durchgeführt [4]. Die Wirkung auf Lernende muss so positiv gewesen sein, dass mutige Experimentatoren bald mit Hilfe der Wollfadenmethode Farbstoffe aus Gummibärchen und Smarties isolierten [5] oder Nitrat- [6] und Eisengehalte [7] in Gemüse quantitativ bestimmten. Somit zog die Lebensmittelanalytik in den Chemieunterricht ein, diesmal allerdings mit begrenztem Erfolg. Das hatte Gründe:

Lebensmittelanalytik (z.B. quantitative Bestimmung von Eisen in Spinat oder qualitative Bestimmung von Phosphaten in Wurstsorten)	
Vorteile:	<ul style="list-style-type: none"> • Bieten einen verstärkten Bezug zur Erfahrungswelt der Lernenden. • Bieten Möglichkeiten für Eigentätigkeit der Lernenden. • Berühren affektive Komponenten des Unterrichts. • Bieten Ansätze zur Vermeidung von „Lernen auf Vorrat“. • Werden von Lernenden als „interessanter als Unterricht“ (gemeint: herkömmliche frontale Situation bzw. reine „Chemie-Experimente“) eingestuft. • Werden von Lernenden meistens als „sinnvoll“ eingestuft.
Nachteile:	<ul style="list-style-type: none"> • Nur das untersuchte Objekt (Wurst) bietet Alltagsorientierung, nicht die Arbeitsmethode. • Reagenzien z.T. selten, teuer und für unerfahrene Lernende gefährlich (konzentrierte Säuren, giftige Fällmittel, Enzyme). • Arbeitstechniken oft sehr komplex (Eichkurven, Verdünnungsreihe), langwierig (Veraschung, mehrmalige Messungen zur statistischen Absicherung) und aufwändig (Photometer, GC, HPLC). • Arbeitsgeräte (Mikropipetten, Photometer, Bäder) oft teuer, selten und erfordern erheblichen Aufwand für die Einweisung. • Intensität der Betreuung hoch, Arbeitsgruppengröße gering. • Reste und Produkte müssen entsorgt werden.

Tab. 1: Vor- und Nachteile lebensmittelanalytischer Experimente im Unterricht

Es ist zu vermuten, dass die Lebensmittelanalytik deshalb den Anfang gemacht hat, weil sie einem der traditionellen Ausbildungsschwerpunkte der Chemielehrenden-Ausbildung, der anorganischen und organischen Analytik, relativ nahekommt. Damit ist eine der bedeutendsten Hürden für die Lebensmittelchemie im Unterricht angesprochen:

- Lebensmittelchemie ist kein traditionelles Teilgebiet der Chemie; an den universitären Fakultäten für Chemie ist die Lebensmittelchemie nur zufällig, wenn überhaupt, vertreten (Frankfurt, Saarbrücken, Karlsruhe, Hohenheim). Oft ist sie als eigene Fakultät abgegrenzt oder einer landwirtschaftlichen (Bonn), veterinärmedizinischen (München) oder pharmazeutischen Fakultät (Erlangen, Würzburg) zugeordnet. Häufiger ist sie an Technischen Universitäten (München, Dresden...) zu finden. [8]
- Lebensmittelchemie ist kein traditionelles Ausbildungsgebiet für Chemielehrende. Deshalb bringen Chemielehrende grundsätzlich keine Erfahrungen aus der Studienzeit mit einschlägigen Lehrbüchern der Lebensmittelchemie und -technologie sowie Fachliteratur und Fachzeitschriften mit.
- Auch bei den Industrieverbänden ist eine klare Trennung festzustellen: der VCI e.V. (Verband der Chemischen Industrie) vertritt ca. 1400 Unternehmen mit einem Umsatz (2000) von 213 Mrd. DM, die BVE e.V. (Bundesvereinigung der Deutschen Ernährungsindustrie) 5500 ganz andere Unternehmen mit (2000) 235 Mrd. DM Umsatz. [9]

Es ist sicher eine nicht zu abwegige Arbeitshypothese, dass diese klare Trennung und das damit einhergehende mangelnde Fachwissen und Verständnis der Disziplinen füreinander in der Öffentlichkeit zu dem angeblichen Widerspruch von „Chemie“ und „Lebensmittel“ maßgeblich beigetragen haben. Am deutlichsten äußerte sich das vor nicht allzu langer Zeit in der Abneigung eines erfahrenen Industriechemikers gegen einen bekannten Fernsehredakteur, mit dem er nicht im selben Fachartikel genannt werden mochte.

Dabei war es gerade Jean Pütz mit seiner Sendung „Hobbythek“, der bei Hausfrauen und Lernenden, schließlich auch bei aufgeschlossenen Lehrenden das Interesse an Alltagchemie (Kosmetik, Farben) [10] und Lebensmitteln (Genussmittel, Backwaren) [11, 12, 13] weckte. Gerade seine Erklärungen chemischer Grundbegriffe zu den Produktgruppen und seine Systematisierungsversuche führten die dann folgenden praktischen Aktivitäten über das Niveau des gedankenlosen Nachkochens von vorgegebenen Rezepten hinaus.

Verfolgt man nun als Chemielehrender und Didaktiker den Faden von den Rezepten für bei Lernenden beliebten Produkten (Gummibärchen, Bonbons, Mohrenköpfe) zurück zu den industriell-technischen Verfahren, so ergeben sich interessante Anknüpfungspunkte für fachliche und überfachliche Lehrziele des Chemieunterrichts. Dabei zeichnen sich lebensmitteltechnologische Experimente durch einige Vorteile gegenüber lebensmittelanalytischen aus:

Lebensmittelproduktion (z.B. Herstellung von Fruchtgummi oder Eiskrem)	
Vorteile:	<ul style="list-style-type: none"> • Bieten maximalen Bezug zur Erfahrungswelt der Lernenden. • Eigentätigkeit der Lernenden auf allen Altersstufen möglich. • Berühren stets affektive Komponenten des Unterrichts. • Vermeidung „Lernen auf Vorrat“. • Werden von Lernenden stets als „äußerst interessant“ und „sinnvoll“ eingestuft („endlich machen wir mal etwas Sinnvolles“). • Objekt (Eiskrem) und Arbeitsmethode (wiegen, rühren, aufschlagen, messen) bieten Alltagsorientierung. • Reagenzien i.d.R. einfach beziehbar (Supermarkt, außer Aromen), preisgünstig und für unerfahrene Lernende gut handhabbar (eben Lebensmittel). • Arbeitstechniken zeitlich und motorisch wenig aufwändig, oft aus dem Alltag schon bekannt. • Arbeitsgeräte (Löffel, Edelstahltopf, Rührbesen) preisgünstig, in Lernenden-Haushalten verfügbar und i.d.R. ohne Einweisung handhabbar. • Produkte sind stets essbar. • Intensität der Betreuung gering, größere Arbeitsgruppen unproblematisch.
Nachteile:	<ul style="list-style-type: none"> • Lehrende besitzen wenig Hintergrundwissen (Fettersatzstoffe, Aromen). • Schullabors sind mit Haushaltsgeräten nicht planmäßig ausgestattet. • Besondere organisatorische Maßnahmen in Übungssälen bei gleichzeitiger Anwesenheit essbarer und giftiger Stoffe.

Tab. 2: Vor- und Nachteile lebensmitteltechnologischer Experimente im Unterricht

Muss:

- Gleichzeitig aktive Arbeitsbereiche zur Lebensmittelchemie (Produktion) und mit Experimenten mit giftigen Stoffen vermeiden.
- Lernende müssen die ausdrückliche Erlaubnis zum Probieren von Stoffen abwarten.
- Chemikalien: Supermarkt-Produkte oder Chemikalien-Qualität, bei der im Katalog die E-Nummer vermerkt ist. Ph-Eur bzw. „Lebensmittelqualität“ sind ebenfalls verwendbar. Für ppm-Mengen sollte p.A.-Qualität auch verwendbar sein.

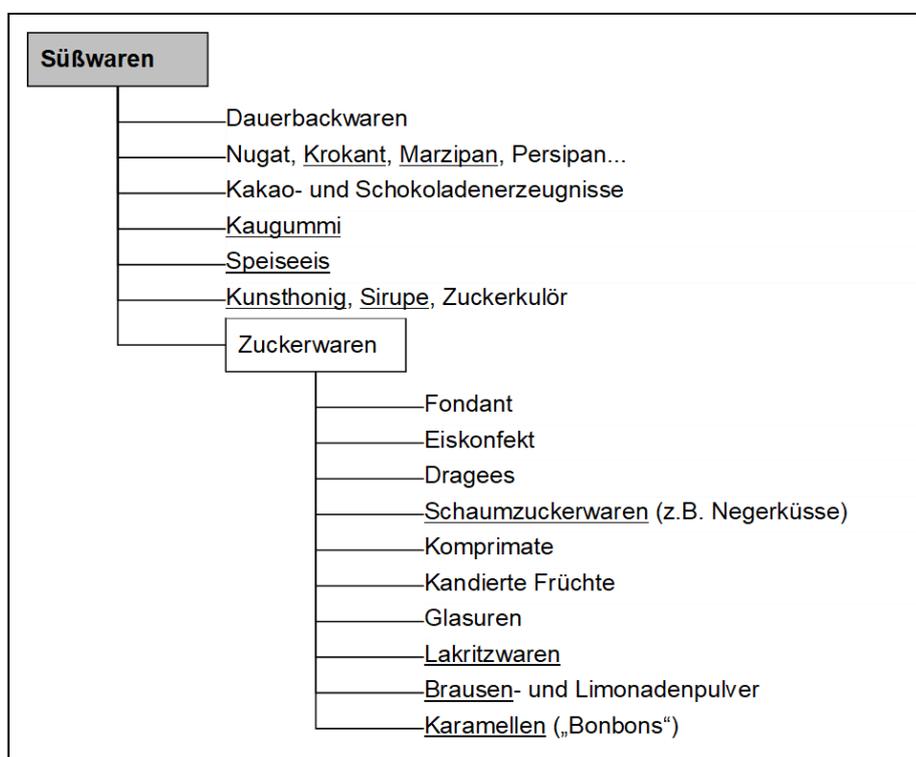
Soll:

- Arbeitsgeräte trennen: im Lebensmittelbereich die als Ersatz gedachten neuen Glasgeräte so lange verwenden, bis der Bedarf im Bereich mit giftigen Stoffen gegeben ist, dann nur in dieser Richtung überführen, nicht umgekehrt.
- Essbare Chemikalien für diesen Zweck kennzeichnen (z.B. „Lebensmittel!“) und auch nur dafür benutzen

Kann:

- Besonders neu aussehende Hilfsgeräte (Spatel, Thermometer...) verwenden; auch wenn Flecken völlig harmlos sein sollten, hier spielt der optische Eindruck plötzlich eine Rolle.
- Glasgeräte mit VE-Wasser spülen; auch Kalkflecken wirken (wie bei Geschirr) wenig appetitlich.

Gegenstand dieser Handreichung ist (bis auf die Ausnahme Wurst) nur ein Teil der Produktgruppen, die das LMBG (Lebensmittel- und Bedarfsgegenständegesetz) kennt: die **Süßwaren**. Sie gehören zu den attraktivsten Produkten für Lernende und zu den vom materiellen und zeitlichen Aufwand her am leichtesten zugänglichen Produkten. Zudem ergänzen sie in sinnvoller Weise Produktgruppen, die in anderen Schulfächern planmäßig Gegenstand sind: Brot, Fleisch- und Wursterzeugnisse, Milchprodukte, (Fertig)Gerichte, Getränke usw.



Tab. 3: Produktgruppen der Süßwaren, nach [14] und [15]; die Herstellung von Beispielen aus unterstrichenen Gruppen ist im Chemieunterricht leicht möglich [11, 12].



Abb. 5: Verpackte Lutscher am Ende der Bonbonherstellung.

3 Versuche zur Analytik von Lebensmittelinhaltsstoffen und Zutaten

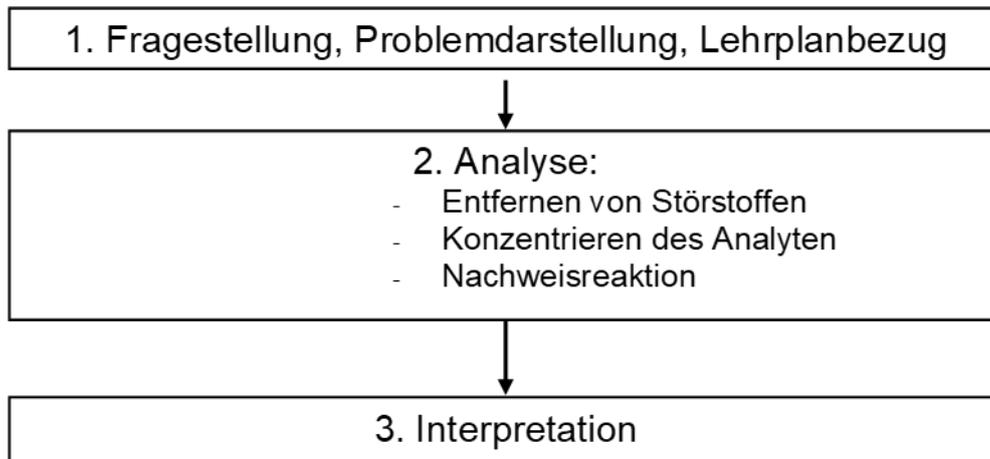


Abb. 6: Muster für den Ablauf analytischer Versuche.

Die Beliebtheit auf Lernenden-Seite ist in der Regel nur bei Punkt 1 gegeben, könnte sich aber auch auf Punkt 3 erstrecken, wenn dieser Punkt bei der unterrichtlichen Behandlung durch Lehrende überhaupt vorgesehen ist. Sein Fehlen stellt allerdings ein ernsthaftes didaktisches Problem dar, da die gemessenen Werte „frei schwebend“, ohne Abgleich mit Soll-Werten oder Grenzwerten bleiben und durch Lernende nicht richtig gewertet werden können, also „wertlos“ sind.

Die Schwierigkeit ist am höchsten bei Punkt 2. Punkt 3 erfordert meistens fundierte Werterecherche im Vorfeld durch Lehrende.

3.1 Wurst: Nachweis der Umrötung in Wiener Würstchen [16]

3.1.1 Wissensbasis

Das Wiener Würstchen als Brühwurst. Unter dem Oberbegriff Brühwurst werden all die Wurstsorten zusammengefasst, denen neben zerkleinertem Fleisch, Fettgewebe und anderen Zutaten Wasser zugegeben wird. Durch Hitzebehandlung koagulieren die gelösten Muskelproteine zusammenhängend, wodurch eine (schnitt) feste Struktur entsteht. Typisch sind dünne Naturdärme (z.B. vom Schaf beim Wiener Würstchen oder vom Schwein bei der Bockwurst). Das Wiener Würstchen besteht allein aus fein zerkleinertem Brät (=Wurstrohmasse). Typische Verbrauchererwartungen sind z.B. ein „kerniger Biss“, „Knackigkeit“, Saftigkeit, „gute“ Konsistenz und die hellrosa Farbe des. Eine rezeptbezogene Menge Schüttung (=Eis) ist notwendig, um der Wurst die erwünschte Saftigkeit und den Biss zu verleihen. Die richtige Auswahl und Behandlung der Därme sichert die gewünschte Knackigkeit.

Herstellung. Zur Herstellung werden große Stücke geeigneter Magerfleischteile und Fettgewebsanteile ausgewählt. Fleisch und Fettgewebe werden dann zusammen im Fleischwolf vorzerkleinert und dann in den Kutter (=Gerät zur Mischung und Feinzerkleinerung) gegeben. In der ersten Trockenkutter-Phase läuft die Maschine mit niedriger Umdrehungszahl (ca. 1000Upm). Dabei werden Zellmembranen der Bindegewebshüllen und der Fettzellen zerstört, das Fleischprotein wird frei. Nach und nach gelangen nun Kuttersalz („Phosphate“, siehe 3.2.1), Nitritpökelsalz (NPS, siehe unten) und Gewürze hinein, bevor dann zerstoßenes Eis zugegeben wird.

Der eigentliche Kuttervorgang beginnt nun bei hoher Umdrehungszahl (4000-5000Upm). Ziel ist die hitzestabile Vermischung von Wasser mit Fett. Beim natürlichen Massenanteil an Salzen des Muskelgewebes sind die Strukturproteine ungelöst. Durch die NPS-Zugabe steigt der Massenanteil Salz auf 3-4% und somit der Anteil der voneinander gelösten Filamente. Unterstützt wird dies durch das geschmacklich unwirksame Kuttersalz, welches zusätzlich Actomyosinkomplexe spaltet. Nur getrennte Filamente können anschließend quellen. Wasser wird deshalb in Form von Eis zugesetzt, damit die beim Kutterprozess durch Reibung eingebrachte Wärme kompensiert wird und es nicht etwa zu Hitzedenaturierung der Proteine kommt. Das entstehende Wasser dringt über osmotische Vorgänge in die Actin-Myosin-Zwischenräume ein und wird in der lockeren Proteinnetzstruktur immobilisiert, wodurch sich ein Wasser-Protein-Gel bildet, in das sich das zerkleinerte Fett einlagern und verteilen kann.

Anschließend wird das fertige Wurstbrät in einer Abfüllmaschine in gewässerte Schaf-Dünndärme gefüllt und zum Räuchern auf den Wagen gehängt. Nach 30 Minuten Heißräuchern in einer Kammer bei ca. 80°C werden die Wiener Würstchen in einem mit ca. 90°C heißem Wasser gefüllten Kessel gebrüht, dann langsam unter fließendem Wasser abgekühlt. Nun liegt das verkaufsfertige Produkt vor.

Als Nebeneffekt bedingen o.a. Erhitzungsvorgänge eine erhöhte Haltbarkeit durch Inaktivierung von Enzymen und Mikroorganismen (ab 60-75°C) sowie die Ausbildung von Pökelfarbe und -aroma. Die im Räucherrauch enthaltenen Bestandteile beeinflussen den Farbton und die Beschaffenheit (z.B. Knackigkeit) des Darmes.

Nitritpökelsalz ist 0.4-0.5% Natriumnitrit (E250) in Kochsalz. Es konserviert, wie alle Salze, schon auf Grund seiner hygroskopischen Eigenschaften. Nachträglich hat es sich als wachstumshemmend auf *Clostridium botulinum* erwiesen, eine Bakterienart, die beim Fleischverderb unter anaeroben Bedingungen, z.B. in Dosen, eine fatale Rolle spielt. Auch verleiht es Fleischprodukten ein spezielles Gefüge (Textur), angenehmen Geruch und Geschmack (das Pökelaroma) sowie eine dem rohen Fleisch ähnliche rote Farbe

(das Pökelfarbstoff). Im Verlauf der letzten 100 Jahre wurde die verwendete bzw. zulässige Menge stufenweise von über 5% auf heute max. 0,5% reduziert.

Vorgang der Umrötung. Die Pökelfarbe stammt im Wesentlichen von Stickstoffmonoxid NO, das als NO-Myoglobin (NOMB) im Komplex mit Myoglobin eine leuchtend rote Farbe besitzt. **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** zeigt einige Wege auf, nach denen NO über Reduktionsvorgänge aus dem Nitrit (auch über Umwege aus dem Nitrat) des NPS entsteht.

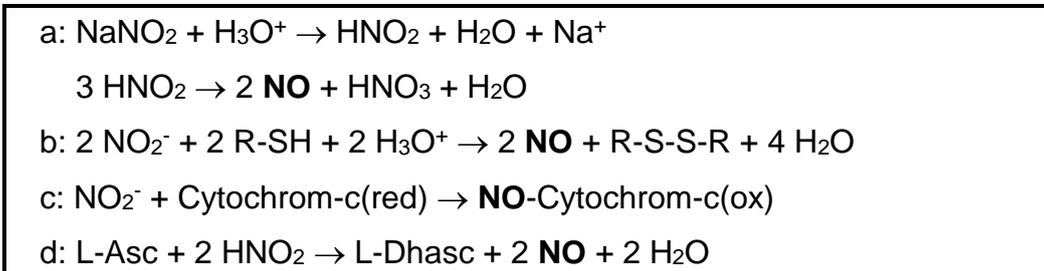


Abb. 7: Möglichkeiten der NO-Bildung [17]

Eine Wursterzeugung ohne Pökelsalze ist möglich. Tatsache bzw. Tradition jedoch ist, dass 90% aller Wurstsorten in Deutschland gepökelt sind. So sind ungepökelte Rohwürste unbekannt. Gleichzeitig machen die immer kürzer werdenden Produktionszeiten den Einsatz von Pökelfarbstoffen erst technologisch notwendig. Allerdings kann auch anders argumentiert werden: erst die Hilfsstoffe ermöglichen kürzere Produktionszeiten und somit auch sinkende Produktpreise. Technologische Notwendigkeit schließt also immer wirtschaftliche Gründe mit ein.

Analytik. Aceton dient sowohl als Fällungsreagens für Proteine und höhermolekulare Kohlenhydrate als auch als Medium für die selektive Lösung von NOMB. Es entsteht eine Komplexverbindung zwischen Aceton und NO-Häm. Diese ist sehr lichtempfindlich [18]. Um ein Arbeiten im Dunkeln zu umgehen, wird konz. Salzsäure zugegeben. Meist liegt durch Sauerstoff oxidiertes Myoglobineisen Fe^{3+} vor, wobei der Komplex einfach positiv geladen ist. Gegenion ist dann Cl^- . Das entsprechende Myoglobin heißt MetMb. Ab Werten von 30-40% Umrötung kann man davon ausgehen, dass Pökelsalz verwendet wurde. Das Verfahren ist für unerhitzte Produkte (z.B. Mettwurst) nicht anwendbar [19]. Bei nicht umgeröteten Produkten ergibt sich auch ein NOMB-Gehalt, obwohl kein NPS zugegeben wurde. Hier stammt das NO aus dem NO_3^- der Schüttung und den Gewürzen (Petersilie: 5-2000ppm NO_3^- !). Die Zugabe von z.B. Blutfarbstoff zum Erreichen der roten Farbe ist in Deutschland (bis jetzt) nicht erlaubt, in anderen EU-Ländern aber zulässig [20] [21]. Zur Zeit wird geprüft, ob der rote Farbstoff Monascus Red, der aus fermentiertem Reis gewonnen wird, als Ersatz für NPS dienen kann, da damit die Entstehung der krebsauslösenden N-Nitrosamine weitgehend unterdrückt wäre [22].

Es wird auch ein enzymatisches quantitatives Verfahren beschrieben, das aber wegen der vielen möglichen Störreaktionen im Reaktionsmedium und den geringen Mengen an NO_2^- und NO_3^- in der Wurst sehr sauberes und genaues Arbeiten erfordert.

3.1.2 Didaktisches Potential

Der Versuch eignet sich für Sekundarstufe I und II.

Unterrichtliche Anknüpfungspunkte	Ausgewertete Inhalte	Konkrete Beiträge
Chemie:		
<ul style="list-style-type: none"> • Verbindungen des Stickstoffs 	<ul style="list-style-type: none"> • Stickstoffmonoxid und Salze der salpetrigen Säure 	<ul style="list-style-type: none"> • Wirkungen von NO in Pökelfwaren; NaNO₂ im Pökelsalz
<ul style="list-style-type: none"> • technische Verfahren 	<ul style="list-style-type: none"> • Beispiel aus der Lebensmitteltechnologie 	<ul style="list-style-type: none"> • Grundlageninformationen zur Herstellung von Wiener Würstchen
<ul style="list-style-type: none"> • pH-Wert 	<ul style="list-style-type: none"> • Übertragung des Wissens auf das Lebensmittel Fleisch. 	<ul style="list-style-type: none"> • Veränderungen vom lebendigen Tier bis zur abgeschlossenen Reifung des Fleisches
<ul style="list-style-type: none"> • Analytik 	<ul style="list-style-type: none"> • Qualitative Nachweismethoden 	<ul style="list-style-type: none"> • Pökelfarbstoff in Wurst
<ul style="list-style-type: none"> • Arbeitsweisen des Chemikers 	<ul style="list-style-type: none"> • Extraktion mit Aceton 	<ul style="list-style-type: none"> • Pökelfarbstoff aus Wurst
Biologie:		
<ul style="list-style-type: none"> • Muskel 	<ul style="list-style-type: none"> • Übertragung des Wissens vom Aufbau auf das Lebensmittel Fleisch. 	<ul style="list-style-type: none"> • Hintergrund.
Andere:		
<ul style="list-style-type: none"> • Warenkunde / Hauswirtschaft 	<ul style="list-style-type: none"> • Fleischerzeugnisse (Wurstwaren). • Zusatzstoffe 	<ul style="list-style-type: none"> • Grundlageninformationen. • Beispiele und Rolle
<ul style="list-style-type: none"> • Gesunde Ernährung 	<ul style="list-style-type: none"> • Nitrosamine in Pökelfwaren • Sinn von technologischen Zusatzstoffen 	<ul style="list-style-type: none"> • Hintergrund • Unterschied zwischen herkömmlicher und "Öko"-Ware

3.1.3 Anleitung

Aus praktischen Gründen finden Sie die Versuchsanleitung im Anhang: dort kann sie auf maximal 2 Seiten formatiert in kopierfähiger Form für Arbeitsblätter bereitgestellt werden. Also: siehe Anh. 5.1 Umrötung.

3.2 Wurst: Nachweis von Phosphaten in Wiener Würstchen [16]

3.2.1 Wissensbasis

Die chemische Rolle von Phosphaten. Für die Brühwurstherstellung stehen das Wasserbindevermögen (WBV) sowie die Fettbindung im Mittelpunkt. Im lebenden Organismus sowie kurz nach der Schlachtung trennt körpereigenes ATP den Proteinkomplex Actomyosin in die relativ kurzen Bestandteile Myosin und Actin. Dies entspricht dem Zustand des erschlafften Muskels. Hier sind die Strukturproteine nur locker verbunden und in den bestehenden großen Zwischenräumen kann viel Wasser in wenig beweglicher Form festgehalten werden. Auch nach der Schlachtung wird durch die Vorgänge der Glykolyse die ATP-Konzentration im Gewebe aufrechterhalten (Warmfleisch). Nach Erschöpfung des Glykogenvorrates post mortem sinkt der ATP-Gehalt immer weiter ab, es entstehen vermehrt Actomyosinkomplexe, in deren Zwischenräumen weniger Wassermoleküle Platz finden (Kaltfleisch). Dieser Zustand wird bei Schweinefleisch nach 1 Stunde, bei Rindfleisch nach 4 Stunden post mortem erreicht. Eine vollständige, starre Vernetzung der Strukturproteine liegt bei der Totenstarre (rigor mortis, $c(\text{ATP}) \approx 0 \mu\text{mol/g}$) vor. Daraus folgt gleichzeitig, dass die Bezeichnung "mit Phosphat" eigentlich irreführend ist, da es kein Fleischprodukt ohne Phosphat geben kann: schon im lebenden Tier ist zumindest Monophosphat ($\text{PO}_4^{3-} = \text{P}_i$) als Mineralstoff im Sarkoplasma gelöst enthalten. Zum Teil stammt es auch aus kondensierten Phosphaten in Zusammenhang mit dem ADP- und ATP-Umsatz.

Zugesetzt werden allerdings Di- und Neuerdings auch Triphosphat. Diese Stoffe dienen als Kutterhilfsmittel. Zulässig sind nach der Fleischverordnung $\text{Na}_3\text{HP}_2\text{O}_7$ oder $\text{K}_3\text{HP}_2\text{O}_7$ sowie entsprechende Triphosphate. Kuttersalze haben die Aufgabe, das Wasserbindungsvermögen und die Fettbindung zu erhöhen. Das wird dadurch erreicht, dass sie, besser noch als ATP, den Actomyosinkomplexes im Muskel zu spalten vermögen und so die Quellfähigkeit dieser Proteine steigern.

Die technologische Rolle von Phosphaten. Der bedeutendste Grund für den Einsatz von Zusatzstoffen in Wurstwaren ist die völlige Produktionssicherheit: Würste mit optischen Fehlern (z.B. graurote Farbe, Geleeabsatz) werden von den Kunden nicht akzeptiert, obwohl geschmacklich keinerlei Einbußen festzustellen sind. Wie auch bei anderen Lebensmitteln so sind auch bei Wurstwaren Farbe und Geschmack traditionell festgelegt und typisch für das betreffende Produkt.

Je besser aber die Auswahl der für das betreffende Produkt optimalen Rohmaterialien ist, desto weniger Hilfsstoffe sind notwendig, um ein fehlerfreies Erzeugnis herzustellen. Eine untersuchte Öko-Fleischwurst sowie Wiener Würstchen des Öko-Metzgers enthielten kein Diphosphat und es wurden auch keine anderen Kutterhilfsmittel verwendet [23]. Daraus ersieht man, dass aus Warmfleisch eine Brühwurst mit den erwünschten Eigenschaften auch ohne Kutterhilfsmittel hergestellt werden kann. Die heutige Arbeitstruktur in den meisten Betrieben bedingt aber, dass nur noch wenige Hausschlachtungen durchführen. Somit kann meistens kein Warmfleisch mehr verarbeitet werden. Di- und Triphosphate gelten aus gesundheitlicher Sicht als völlig unbedenklich.

3.2.2 Didaktisches Potential

Unterrichtliche Anknüpfungspunkte	Ausgewertete Inhalte	Konkrete Beiträge
Chemie:		
<ul style="list-style-type: none"> • Verbindungen des Phosphors 	<ul style="list-style-type: none"> • Salze der Phosphorsäuren 	<ul style="list-style-type: none"> • $\text{Na}_3\text{HP}_2\text{O}_7$ als Kuttersalz
<ul style="list-style-type: none"> • technische Verfahren 	<ul style="list-style-type: none"> • Sinn von technologischen Zusatzstoffen 	<ul style="list-style-type: none"> • Wurst mit und ohne Zusatzstoff ("Öko")
<ul style="list-style-type: none"> • Analytik 	<ul style="list-style-type: none"> • Qualitative Nachweismethoden • DC 	<ul style="list-style-type: none"> • Phosphat / Diphosphat / Triphosphat in Wurst
<ul style="list-style-type: none"> • Arbeitsweisen des Chemikers 	<ul style="list-style-type: none"> • Aufbereitung von Proben bis zum Nachweis einer Komponente 	<ul style="list-style-type: none"> • Phosphate in der Wurst
Biologie:		
<ul style="list-style-type: none"> • Muskel 	<ul style="list-style-type: none"> • Übertragung des Wissens vom Aufbau auf das Lebensmittel Fleisch. 	<ul style="list-style-type: none"> • Hintergrund.
Andere:		
<ul style="list-style-type: none"> • Warenkunde / Hauswirtschaft 	<ul style="list-style-type: none"> • Fleischerzeugnisse (Wurstwaren). • Zusatzstoffe • Ausräumen verbreiteter Missverständnisse 	<ul style="list-style-type: none"> • Grundlageninformationen. • Beispiele und Rolle • "Phosphat" in der Wurst
<ul style="list-style-type: none"> • Gesunde Ernährung 	<ul style="list-style-type: none"> • Sinn von technologischen Zusatzstoffen 	<ul style="list-style-type: none"> • Unterschied zwischen herkömmlicher und "Öko"-Ware

3.2.3 Anleitung

Der Versuch eignet sich für Sekundarstufe II.

Siehe Anh. 5.2 Qualitativer Nachweis von Mono-, Di- und Triphosphat
Qualitativer Nachweis von Mono-, Di- und Triphosphat

3.3 Brausepulver: Analyse eines Handelsproduktes [24]

3.3.1 Wissensbasis

Die Erfolgsstory des Brausepulvers beginnt mit dem Experimentieren des Kaufmanns Theodor Beltle mit Natron und Weinsäure. Er beobachtet fasziniert, dass unter Zugabe von Flüssigkeit Kohlendioxid entsteht und beschließt, ein "herrlich prickelfrisches Volksgetränk" zu kreieren. Das "Brauselimonaden-Pulver für alle Bevölkerungsschichten" kommt an. Beltle gründet in Stuttgart 1925 die Robert Friedel GmbH. [25]

Das Brausepulver ist in seiner allgemeinen Zusammensetzung seit den Erfinderzeiten im Wesentlichen gleichgeblieben. Die vier klassischen Geschmacksrichtungen Himbeere, Orange, Zitrone und Waldmeister haben Modeprodukte (Apfelschorle, Waldbeeren, Hexenzauber mit viel Farbstoff) überlebt und sind damit Produkte mit einem ungewöhnlich langen Zyklus, der im Übrigen noch andauert.

Auch das moderne Brausepulver besteht immer noch aus 5 festen Komponenten:

- **Natriumhydrogencarbonat** NaHCO_3
- einer **Genusssäure** (Zitronen- oder Weinsäure)
- **Zucker** (Saccharose) und/oder **Süßstoffen**
- **Farbstoffen** und
- **Aromen**.

Letztere sind von Haus aus flüssig und werden dadurch in Pulverform gebracht, dass sie auf Laktose aufgezogen (aufgesprüht) werden. Die Genusssäure kommt, bezogen auf NaHCO_3 , im stöchiometrischen Überschuss vor, damit für den fruchtig-sauren Geschmack nach der Reaktion noch genügend übrigbleibt.

Zur Verzögerung der CO_2 -freisetzenden Reaktionen setzt man auch gecoatetes (mit einer dünnen Gelatineschicht überzogenes) Natriumhydrogencarbonat ein. [26]

3.3.2 Didaktisches Potential

Der Versuch eignet sich für alle Schulstufen.

Wie führen Sie ins Thema "Reinstoff und Gemenge" in der ersten Jahrgangsstufe mit Chemie ein? Die meisten Schulbücher empfehlen Sand von Wasser, Iod von Sand, Eisenfeilspäne von Schwefelpulver oder Kochsalz von Muttergestein zu trennen. Warum kann nicht handelsübliches Brausepulver dafür dienen, den Unterschied zwischen Reinstoff und Gemisch einerseits und zwischen Gemisch und Verbindung andererseits zu klären? Lernende jedenfalls werden viel Spaß haben und Entsorgungsprobleme werden Lehrende nicht haben.

Als Arbeitsformen lassen sich realisieren:

- Arbeitsteilige Gruppenarbeit (jede Gruppe untersucht eine andere Geschmacksrichtung, oder, falls in Grenzregionen verfügbar, Produkte anderer Hersteller).
- Lernzirkel mit der möglichen Stationenfolge: Anh. 5.2 (Durchführung 1 – Durchführung 2 – Durchführung 3) – Anhang 5 (Durchführung 1 – Aufgabe).

3.3.3 Anleitungen

Siehe Anh. 5.3 Untersuchungen an Brause-Pulver und 5.4 Herstellung eines Brause-Getränks.

3.4 Reinstoff und Gemisch: ein alternativer Vorschlag für eine einführende Unterrichtseinheit in den Chemieunterricht [27]

3.4.1 Didaktisches Potential

Aus einer Serie von alternativen Themen (Gewebe, Naturstoffe, Kunststoffe) zum Einstieg in den Chemieunterricht wurde für diesen Zweck ein das Thema mit den essbaren Chemikalien "Kristalline Stoffe" ausgewählt. Die anderen Vorschläge sind im WWW als Anleitungen für Lehrende und Schülerarbeitsblatt abrufbar [28]. Die Unterrichtseinheit ist erprobt. Der Umfang von 2 Stunden war großzügig bemessen und ließ Raum für die nötigen Gespräche.

Lehrziele.

- Begegnungsformen mit dem Fach Chemie im Alltag.
- Typische Arbeitsweise des Chemikers.
- Der Stoffbegriff.
- Einteilungsmöglichkeit für Stoffe in Gemische und Reinstoffe.
- Sicherheitserziehung.

In dieser Phase des Chemieunterrichts kann ganz bewusst auf fachspezifische Erscheinungen verzichtet werden:

- Ausnahmsweise tragen Lehrende keinen Labormantel,
- Chemikalien sind nach Möglichkeit in Haushaltspackungen sichtbar,
- nötige Gerätschaften stammen ebenfalls aus dem Haushalt und
- auf spezifische Fachsprache wird (noch) kein Wert gelegt. Alltagsbegriffe, auch wenn sie nicht ganz den Punkt treffen, bleiben bei dieser Gelegenheit unausgeschärft ("Zitronensäure kocht").

Zunächst kann sich das Unterrichtsgespräch um vermutete Berufe, die etwas mit Chemie zu tun haben, drehen. Es wird eine recht kurze Liste stark eingeschränkten Spektrums zustande kommen: "Chemiker, (Chemie)Student, Apotheker, (Chemie)Professor, (Chemie)Lehrende".

Lernziel: Unterscheidung von Stoffen. Als einzige Anweisung erhalten Lernende die Aufgabe, die vier ausgeteilten Stoffportionen mit dem Ziel zu untersuchen, sie sicher zu unterscheiden. Danach werden die Materialien ausgegeben: einer der Gruppenpartner holt ein Tablett mit einem (noch unvollständigen) Experimentiersatz bei Lehrenden ab (Stufe 1). Er enthält die in der mittleren Spalte aufgeführten Materialien.

Alle ausgegebenen Stoffe sind farblos, kristallin und geruchlos. Lernende sind gezwungen, Korngröße, Geschmack und geringste "Farbunterschiede" mit heran zu ziehen. Interessant sind ihre Vorschläge zur weiteren Vorgehensweise allemal. Sobald Lernende auf die Idee kommt, die Stoffe zu probieren, greifen Lehrende mit dem ersten Hinweis zur Sicherheit ein: probiert werden darf stets erst nach der ausdrücklichen Erlaubniserteilung durch den Betreuer!

Wird der Wunsch nach Feuer geäußert ("anzünden, erhitzen..."), so kann dem gleich entsprochen werden: Stufe 2 der Ausrüstung kann abgeholt werden, aber erst nachdem Lehre gezeigt haben

- wie man die Alu-Rinne faltet,
- wie man sie mit der Wäscheklammer über der Flamme des Teelichtes hält,

- wie man eine kleine Stoffportion in die Rinne schüttet,
- wie man vorsichtig erhitzt,
- wie man vorsichtig riecht,
- wie man lange Haare von der Flamme fernhält und
- wie man das Teelicht ausbläst, ohne den Vordermann mit heißem Wachs zu verletzen.

Aktuelle Hinweise: Sehr saure Süßwaren sind zurzeit "in": saure Sticks, super saure Dips, Saure Schocker (Bonbons, Kaugummi)... Größere Mengen vorsichtig karamellisier-ten Zuckers schmecken (nach dem Abkühlen!) gut und lassen sich bequem von der Alu-Folie lösen. Die Kanten sind allerdings scharf!

Weiterführung. In einer zweiten, folgenden Unterrichtseinheit lassen sich weitere Er-kenntnisse durch Tätigkeiten aus dieser Liste anbahnen:

- Lernende erhalten Trinkgläser mit Wasser und können das Ausmaß der Löslichkeit der Stoffe der vorausgehenden Stunde beurteilen.
- Die Lösungen lassen sich auch probieren; alle Lernenden verwendet dabei seinen eigenen Trinkhalm und testet auch bei benachbarten Gruppen. Dadurch kommt der Begriff der Konzentration ins Spiel.
- Die Nähe zu Brausepulver fällt beim Gemisch aus Zitronensäure und Zucker zwanglos auf. Im richtigen Verhältnis gemischt (Stoffe werden abgewogen ausge-teilt), mit Sirup verfeinert, lässt sich ein Erfrischungsgetränk mixen.
- Handelsübliches Brausepulver lässt sich mit einfachsten Mitteln "analysieren", dann oral entsorgen.

Nachbereitung. Besondere Bedeutung hat das abschließende Unterrichtsgespräch:

In einem Arbeitsblatt werden die Beobachtungen in Form von "Steckbriefen" für die Rein-stoffe zusammengefasst. Dabei tauchen unweigerlich Gedächtnislücken auf, was beab-sichtigt ist und Lernenden die Notwendigkeit des **Protokollierens** viel sinnvoller erschei-nen lässt, als es eine Hausaufgabe im Deutschunterricht oder die Begründung der Art "das gehört zur wissenschaftlichen Arbeitsweise" vermag.

Die Liste der Berufe kommt erneut zur Sprache. Mühelos werden Lernende sie nun er-weitern können, sowohl was ihre Länge als auch was die inhaltliche Breite betrifft: "Arzt, Frisör, Hausfrau, Koch, Bäcker, Mechaniker, Reiniger..." Eine Lernende bringt es auf den Punkt: "Chemie benutzt jeder im Alltag".

Erfahrungen. Als Überraschungsmomente nehmen Lernende die Mischung und das un-erwartete Verhalten des Kochsalzes wahr. Auch, dass Lebensmittel Chemikalien (und umgekehrt) sein können, gehört zu den völlig unerwarteten Erkenntnissen.

Selbsttätigkeit ist durchgehend, auch ohne Fachraum, in den Wirren der ersten Schultage möglich. Viele Lernende erfahren das erste Mal, wie geöffneter Unterricht aussehen kann.

Bezüge zum Alltag drängen sich auf, die Fachsystematik hat im folgenden Unterricht die Aufgabe, die beobachteten Phänomene zu ordnen.

Die beiden Unterrichtsstunden sind nicht "geopfert", sondern ersetzen wenig lernenden-nahe Schulbuchexperimente. Zudem werden später die zahlreichen Rückbezüge die Wichtigkeit dieser Lernenden-Experimente immer wieder unterstreichen.

3.4.2 Anleitungen

Siehe Anh. 5.12 Reinstoff und Gemisch



Abb. 8: Lernende einer Jahrgangsstufe 9 Realschule untersuchen kristalline Stoffe.

4 Versuche zur Herstellung und Technologie von Süßwaren

Das Muster für Versuche zur Herstellung von Lebensmitteln folgt auch einem dreigliedrigen Grundschemata:

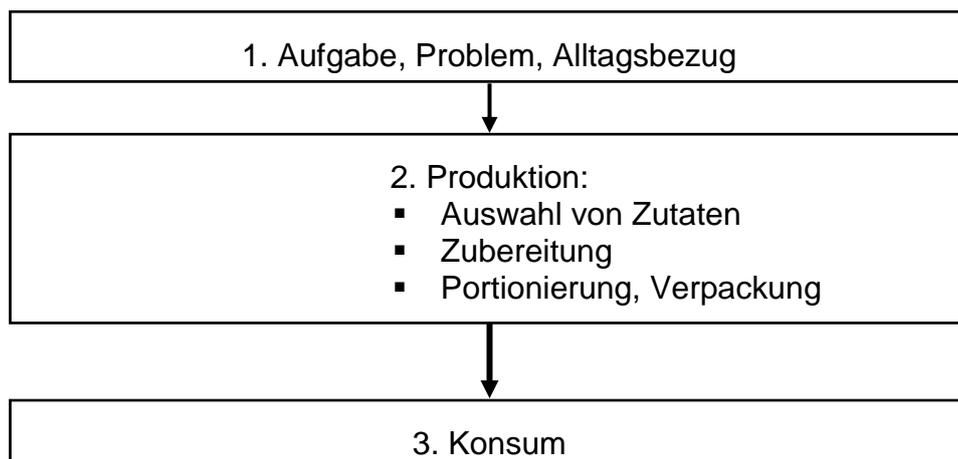


Abb. 9: Muster für den Ablauf technologischer und produktorientierter Versuche

Die Beliebtheit auf Seiten von Lernenden ist bei allen drei Stufen hoch, die Schwierigkeitsgrade gering. Die Stufen sind nicht ohne Schwierigkeiten voneinander trennbar.

4.1 Brause: Herstellung eines sprudelnden Limonadengenötänkes [24]

4.1.1 Didaktisches Potential

Nach den Erfahrungen aus der Analytik verlangen Lernende ganz von selbst die Fortsetzung durch die Umsetzung der gewonnenen „analytischen“ Erkenntnisse in die Produktion. Dies entspricht voll den natürlichen, nichtinstitutionalisierten Lernschritten, wie in Kap. 1.1 geschildert.

Mögliche Lehrziele sind in Kap. 1.4.2 ausführlich aufgelistet worden.

4.1.2 Anleitung

Siehe Anh. 5.4 Herstellung eines Brause-Getränks

4.2 Bonbons: Herstellung mit und ohne Zucker

4.2.1 Wissensbasis [29]

Bonbons. Jährlich geben wir 1500 Millionen DM für ca. 300.000t Zuckerwaren als "kleinen Selbstbelohnung zwischendurch" aus [30].

Fachleute sprechen nicht von „Bonbons“, sondern von Karamellen. Sie unterscheiden Hartkaramellen von Weichkaramellen. **Hartkaramellen** sind spröde und glasartig hart durch niedrige Restwassergehalte (1-3%), **Weichkaramellen** sind kaubar-geschmeidig aufgrund eines Gehaltes an Fett und Protein, sowie eines deutlich höheren Restwassergehaltes (7-9%) [31]. Dementsprechend ergeben sich Unterschiede in der Technologie der Herstellung. Hier sollen nur Hartkaramellen, im Folgenden „Bonbons“ genannt, berücksichtigt werden.

Technologie. Technologisches Ziel ist es, eine Masse glatter Konsistenz herzustellen, die sich angenehm lutschen lässt. Bonbons sind physikalisch-chemisch gesehen ein Glas, eine unterkühlte Schmelze. Diese Schmelze gilt es, am Rekrystallisieren zu hindern. Das geschieht zum einen über die Rezeptur: neben Saccharose (Süßquelle, Massegeber) werden kristallisationsverhindernde Substanzen (z.B. Invertzucker, Glucosesirupe) beigemischt. Diese enthalten eine Reihe weiterer Zucker (z.B. Fructose), die schon in Reinform schlecht kristallisieren würden. Daneben wird der Restwassergehalt so geringgehalten, dass die Beweglichkeit der Saccharose-Moleküle minimal ist: sie können sich nicht zu Kristallen zusammenfinden. Es dürfen daher keinesfalls Kristallreste (etwa vom Kochvorgang oder aus dem Invertzucker) in die Bonbonschmelze hineingelangen. Spätere Rekrystallisation wird als "Absterben" der Bonbons bezeichnet: sie nehmen an der Oberfläche Wasser aus der Luft auf, so dass die obersten Schichten angelöst werden und die Saccharose dort Kristallkeime bilden kann. Bei fortschreitender Kristallisation wird noch mehr Wasser aus der Masse frei, wodurch es schließlich zum Zerfließen kommen kann. Das Phänomen muss, mit Hinblick auf die Lagerfähigkeit der Produkte, in Grenzen gehalten werden: man dragiert die Oberflächen (d.h., sie werden mit mehreren dünnsten Schichten kristallisierenden Zuckers durch Aufsprühen konzentrierter Zuckerlösung und gleichzeitigem Trocknen in der Trommel versehen), pudert z.B. mit Xylit, wickelt Bonbons einzeln ein und verpackt (zusätzlich) wasserdampfdicht.

Großbetriebe der Zuckerwarenindustrie setzen zur Produktion kontinuierliche Schlangen- oder Dünnschicht-Kochmaschinen ein. Der Sinn des Kochens ist es, einen ganz bestimmten Anteil an Trockenmasse einzustellen. Das gelingt allein durch Mischen von Zucker und Wasser nicht.

Kernstück einer solchen Anlage ist ein bis zu 60 m langes Kupferrohr, das zu einer Spirale gewandelt in einen Dampfkessel eingebaut ist. Im Brüdentrennraum sammelt sich

die ausgekochte heiße Bonbonmasse (130 – 140°C) und der Brüden (= "Abdampf") wird nach oben abgesaugt. Die wieder unter Atmosphärendruck stehende Masse wird durch kontinuierlich arbeitende Mischschnecken gedrückt. Hierbei erfolgt die homogene Einarbeitung von Aromen, Suspensionen, Farblösungen, Saftkonzentraten und ggf. auch Luft. Bei 120°C läuft die Bonbonmasse als mehr oder weniger unregelmäßiger Strang auf ein wassergekühltes und mit Trennfett beschichtetes Temperierband aus Stahl, auf dem die Temperatur durch Breitwalzen und Umwenden um 40°C abgesenkt wird. Der Strang wird durch Knetwalzen und Umlenkhebel stets gewendet und bewegt, so dass Krustenbildung durch gleichmäßige Temperaturverteilung unterbleibt und optimale Homogenität sichergestellt ist.

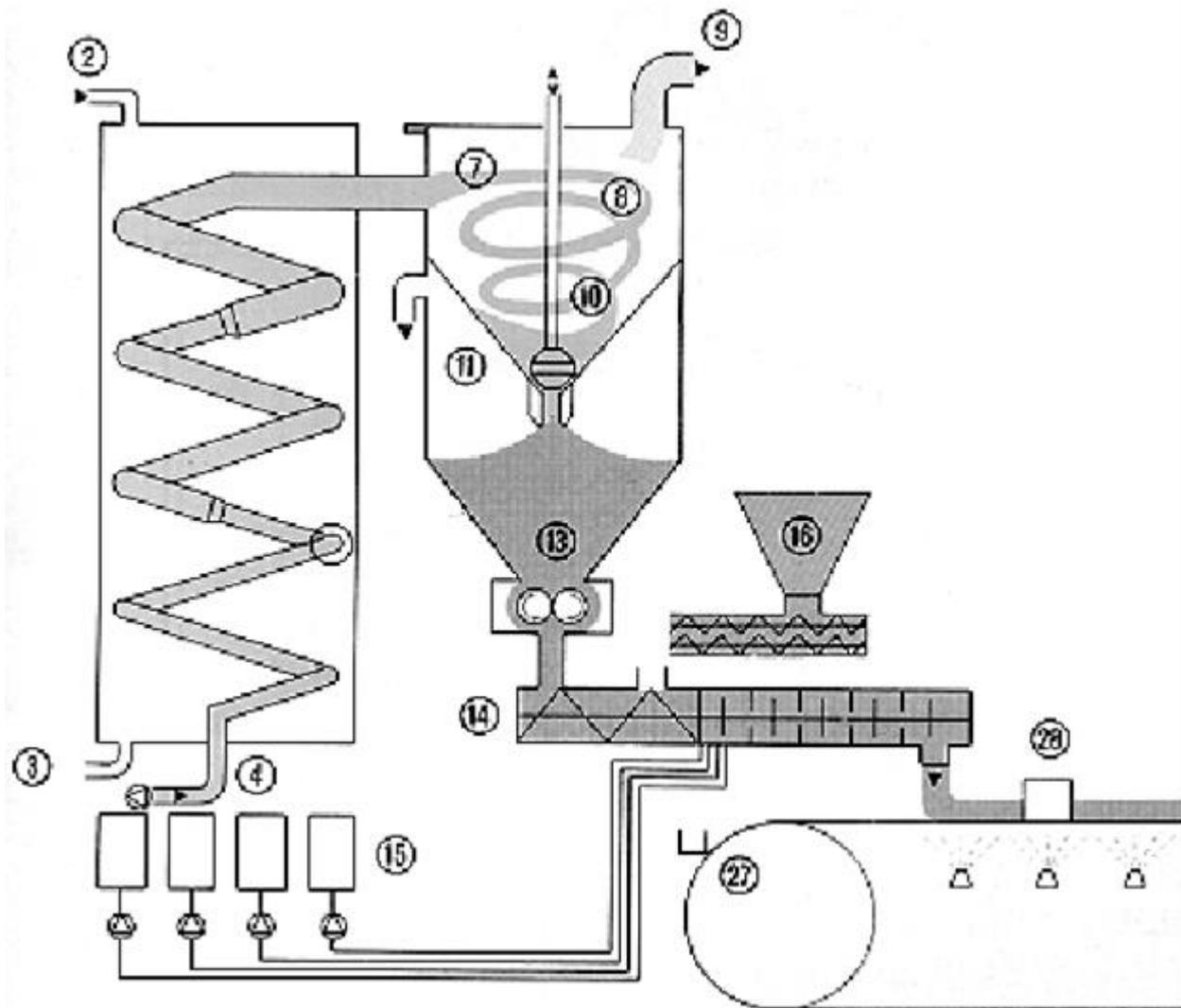


Abb. 10: Funktionsdarstellung einer Schlangenkochmaschine [32];

Legende: 2 Dampfzuführung, 4 Zulauf Zuckerlösung, 11 Vakuumraum, 14 Inlinemischer, 15-16 Dosiereinrichtungen, 28 Bonbonstrang auf einem über Sprühdüsen gefetteten und temperierten Stahlband.

Kochtemperatur T_K von reiner Sac-Lösung	T_K einer Mischung aus Glc : Sac = 1:1	Trockenmassenanteil
100,2 °C	100,2 °C	10 %
101,8 °C	102,3 °C	50 %
113,3 °C	113,7 °C	85 %
137,7 °C	156,0 °C	98 %

Tab. 4: Zusammenhang zwischen Kochtemperatur und Gehalt an Trockenmasse. [33]

Die Bildung des zur Prägung notwendigen Stranges genau definierter Form und Dicke erfolgt dann in Strangformern. Hierzu wird die bandförmig von der Kühleinheit einlaufende Bonbonmasse zu einem ca. 50 kg schweren Kegel aufgerollt. Nach vorne hin wird dieser zunehmend verjüngt, indem er von 4 - 6 rotierenden Stabwalzen umfasst und zusammengepresst wird. Der etwa 3 cm dicke Strang wird nachfolgend im Strangautomaten egalisiert und durch gegenläufige, gekehlte Räderpaare kalibriert. Dadurch nimmt die Geschwindigkeit stark zu (75 - 120m/min für den 1,5 cm dicken Strang).

Die einzelnen Bonbons entstehen daraus während der Passage entweder von Prägeautomaten oder von Prägekettten. Bei Letzteren durchläuft der Strang das Aggregat linear. Von oben und unten quetschen bewegliche, über Kurven geführte Prägestempel den Strang in die Formen hinein. Bei einer Stranggeschwindigkeit von 100m/min entstehen 80 - 100 Bonbons/s.

Technologisch aufwendig ist ein Verfahren, bei dem Kohlendioxid direkt in heiße, flüssige Zuckerschmelze gedrückt wird. Die unter Druck stehende Masse in den Autoklaven abkühlen. Die hart gewordene glasige Masse wird zerkleinert, wobei in ihr noch immer genügend unter Druck stehende CO₂-Bläschen zurückbleiben, die beim Lutschvorgang mit leichtem Knall aufspringen. Diese Produkte sind als Lutscher oder Splitter in kleinen Tütchen modeabhängig im Handel und werden von Lernenden der Sekundarstufe I gerne auf dem Schulweg gekauft.

Isomalt. Eine interessante, sehr moderne Variante sind Bonbons auf Basis des Zuckeraustauschstoffes Isomalt. Isomalt, auch Palatinit, ist ein Markenname für ein Gemisch aus gleichen Teilen 1-O- α -D-Glucopyranosyl-D-sorbit (GPS, Isomaltit) und 1-O- α -D-Glucopyranosyl-D-mannit-dihydrat (GPM). Außer in Getränken (100g/l) bestehen keine gesetzlichen Mengengrenzungen.

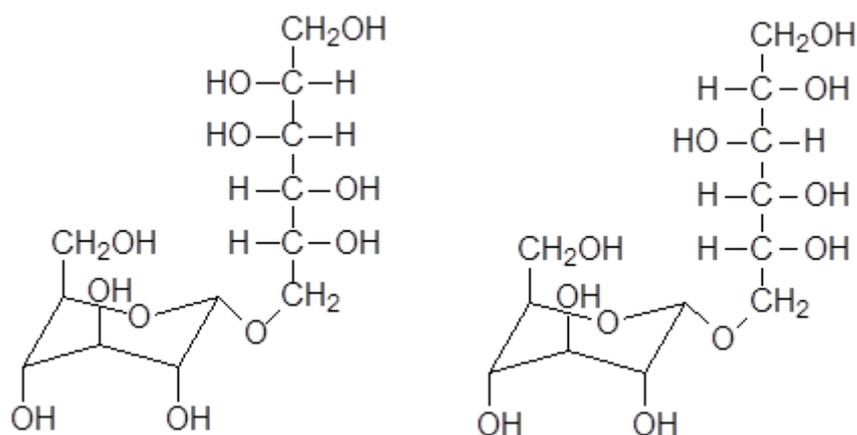


Abb. 11: Isomalt (GPS links, GPM rechts) [34]

Aus Saccharose erhält man zunächst durch enzymatische Umlagerung am immobilisierten Zellsystem Isomaltulose, danach wird zum o.a. Isomerengemisch hydriert.

Isomalt ist nicht kariogen: die Bakterienpopulationen können es nicht verstoffwechseln. Es besitzt den gleichen physikalischen Brennwert wie Saccharose, wirkt aber dennoch Brennwert reduzierend: im Darm kann es während der üblichen Passagezeit nur zu ca. 50% resorbiert werden, was einen anderen **physiologischen Brennwert** bedingt.

4.2.2 Didaktisches Potential

Unterrichtliche Anknüpfungspunkte	Ausgewertete Inhalte	Konkrete Beiträge
<ul style="list-style-type: none"> Organische Verbindungen 	<ul style="list-style-type: none"> Hohe molare Masse. Niedrige oder gar keine Siedepunkte, da Zersetzung. 	<ul style="list-style-type: none"> Karamelisierung (beginnende Zersetzung von Saccharose).
<ul style="list-style-type: none"> Siedepunktserhöhung 	<ul style="list-style-type: none"> Einfluss der Saccharose als „Verunreinigung“ reinen Wassers auf den Siedepunkt. 	<ul style="list-style-type: none"> Einstellen eines bestimmten Massenanteils Saccharose über die Siedetemperatur ("Bonbons kochen").
<ul style="list-style-type: none"> Kristallisation 	<ul style="list-style-type: none"> Kriterien für die Kristallbildung bzw. Methoden zur Verhinderung von Kristallisation (je nach Produkt). 	<ul style="list-style-type: none"> Bonbons als erstarrte Schmelze (Glas). "Absterben" von Bonbons durch unerwünschte Kristallisation.
<ul style="list-style-type: none"> Alltagschemie 	<ul style="list-style-type: none"> Selbsttätigkeit. Warenkunde. 	<ul style="list-style-type: none"> Bonbons selbst herstellen. Bedeutende Produktgruppen.
<ul style="list-style-type: none"> Chemische Technologie. 	<ul style="list-style-type: none"> Herstellungsverfahren. 	<ul style="list-style-type: none"> Überblick über Verfahren zur Herstellung bedeutender Produkte.

4.2.3 Anleitungen [nach 11 und 12]

Siehe Anhang 5.6 Herstellung von Zucker-Bonbons

Bonbons mit Zucker sind in der Sekundarstufe II, solche mit Isomalt auch in der Sekundarstufe I machbar, wobei der Umgang mit sehr heißen Stoffen geübt werden sollte (Isomalt-Schmelzen erreichen schnell 155°C!).

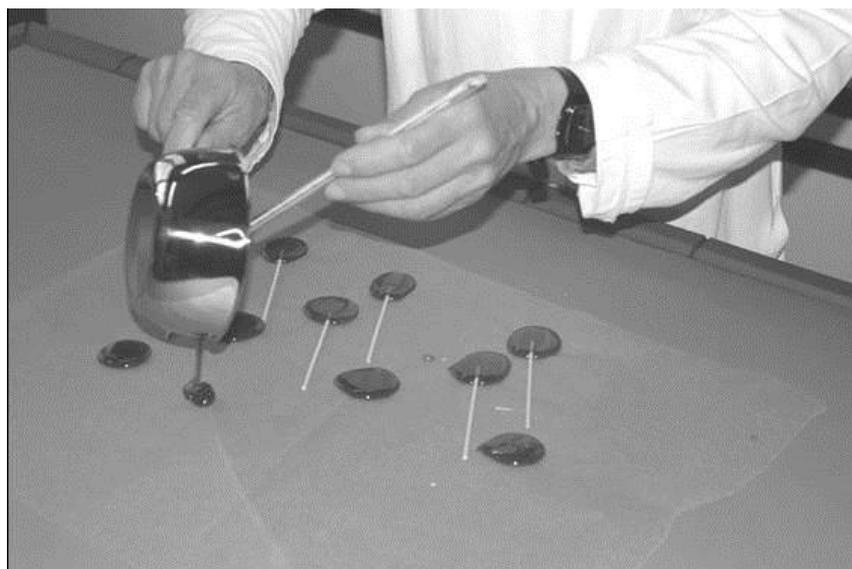


Abb. 12: Gießen von Lutschern auf Backpapier.

4.3 Eiskrem: Herstellung nach industriellem Vorbild und Brennwertreduktion [38]

4.3.1 Wissensbasis

Rezeptur. Üblicherweise findet man in den Kochbüchern völlig andere Rezepte, als sie hier dargestellt sind. Ziele bei der Erarbeitung unserer Rezepturen waren:

- Die Zutaten sollen möglichst genau denen entsprechen, die auch bei der industriellen Fertigung von Speiseeis verwendet werden.
- Bei der Herstellung erworbene Kenntnisse sollen Lernende in die Lage versetzen, Inhaltsstoffdeklarationen auf Eisprodukten zu verstehen.

Dabei wurde klar, dass die „Kochbuchrezepte“ ein anderes Produkt lieferten. Man unterscheidet:

Speiseeissorte	Klassifizierung	Fettanteil
Sahneeis	Min. 60% Sahne	>64 %
Eiskrem	Min. 10% Milchfett	>46%
Fruchteiskrem	Min. 8% Milchfett	ca. 40%
Einfacheiskrem	Min. 3% Milchfett	>22%
Milcheis	Min. 70% Vollmilch	>20%
Sorbet	Min. 25% Frucht o.ä.	Keine Festlegung
Fruchteis	Min. 20% frisches Obst o.ä.	
Kunstspeiseeis	Künstliche Farb-, Geschmacks- und Aromastoffe erlaubt	

Tab. 5: Ausgewählte Speiseeissorten, nach [35]

Dabei ist das Eisprodukt aus den Kochbüchern dasselbe, was wir beim „Italiener“ kaufen, nämlich Einfacheiskrem (im Volksmund: „Milcheis“) bzw. Fruchteis. Das industrielle Produkt ist Eiskrem, also mit einem recht hohen Fettanteil und somit auch Brennwert.

Verbraucher und Hersteller haben eine Reihe von z.T. sich widersprechenden Erwartungen an ein Speiseeisprodukt:

Qualitative Anforderungen durch Verbraucher	Technologische Anforderungen durch den Hersteller
cremig – nicht fettig	Tropffestigkeit nach dem Schmelzen.
süß – nicht zu süß	Hohe Lagerfähigkeit, deshalb:
erfrischend – nicht wässrig	Langzeitstabilisierung der OW-Emulsion
leicht – nicht butterig-schwer	Langzeitstabilisierung des Dreiphasensystems
geringer Brennwert	Stabilisierung des thermolabilen Schaums.

Tab. 6: Erwartungen an das Produkt Eiskrem

Es könnte nun für den Unterricht wertvoll sein, zu verfolgen, wie diese Ansprüche realisiert wurden. Dazu noch ein paar Anmerkungen zu einem der unbekannteren Stoffe aus der Zutatendeklaration: „Stabilisator: Johannisbrotkernmehl“.

Johannisbrotkernmehl (JBKM) ist in Reformhäusern zu kaufen. Wenn JBKM normaler Qualität mit heißem Wasser (85°C) versetzt wird, quillt es und bildet schon bei einem Gehalt von 0.5% eine schleimige, etwas klebrige, trübe Lösung. Darauf geht die historische, heute noch im englischen gebräuchliche Bezeichnung „gum“ (Gummi) zurück. Chemisch gesehen handelt es sich bei JBKM um Carubin, einen verzweigten b-(1,4)-Polymannosepolyether. Mehr dazu unter [36].

Die Speiseeisherstellung erfolgt in folgenden Schritten:

Erst wird eine Stabilisatoren-Lösung hergestellt. In der Regel wird eine Mischung eingesetzt, weil sie Synergieeffekte zeigt: 0.1g JBKM und 0.1g Guarkernmehl verhalten sich wie 0.3g JBKM allein. Eine Lösung mit $w(\max)=0.3\%$ (bezogen auf das fertige Produkt) genügt.

Dann werden mehrere Grundstoffe zu einem Mix verrührt, die Stabilisatoren-Lösung in warmem Zustand zugegeben. In diesem Schritt spielt der schleimige Zustand der Stabilisatoren-Mischung noch keine besondere Rolle. Beim Verzehr jedoch erhöht der Schleim die Tropffestigkeit der Eiskrem und verursacht ein „schmieriges“ Gefühl auf der Zunge („Mundgefühlregulator“), das einen hohen Fettanteil suggeriert. Dadurch kann die Fettmenge in Eiskrem bis auf den Anteil reduziert werden, der für das physikalische Gefüge unbedingt nötig ist. Neben dem positiven Effekt der Brennwertsenkung erreicht man aber auch eine Verbesserung der Geschmacksqualität: Lebensmittel mit einem hohen Fettanteil schmecken „schwer“ (Buttercreme in Torten); hier jedoch stellt sich ein „leichterer“ Geschmackseindruck ein. Das liegt zum Teil auch an einem anderen Effekt.

Nun wird der Eismix vorgekühlt und mit einem Küchenmixer bei höchster Drehzahl gerührt. Beachten Sie: jetzt geht die Mischung plötzlich auf wie Sahne kurz vor dem Punkt, an dem sie steif ist! Durch die niedrigere Temperatur wird der Schleim zäher und kann mehr und größere Luftblasen im Mix festhalten. Die Luftblasen drin nennt man Aufschlag. Erwünscht ist ein Aufschlag von um die 100%, d.h. wenn Sie 1 Liter Eiskrem kaufen, wiegt sie nur um die 500g, der Rest ist Luft. Hier stabilisiert nun JBKM den Schaum bzw. die gasförmige Phase im Dreiphasensystem Eiskrem, indem es die Luftbläschen festhält und günstig darauf einwirkt, dass sich eine gleichförmige Bläschengröße von ca. 100µm einstellt. Letzteres hat neben sensorischen auch eher optische Gründe: große Luftblasen geben dem Eis einen „ungesund“ aussehenden gräulichen Farbton. Bei niedrigeren Temperaturen wird die ursprüngliche Lösung zum Gel. Gleichzeitig soll im Eismix viel Wasser festgehalten werden. Hier muss man auch ein Optimum finden: auf der einen Seite gilt „je mehr Wasser desto frischer der Geschmack“, auf der anderen Seite „je weniger und kleiner die Eiskristalle sind, desto cremiger wirkt das Produkt“. JBKM bindet das Wasser in so kleinen Einheiten, dass sich keine wahrnehmbaren Eiskristalle bilden können. Hierauf beruht die Verwendung von JBKM als Feuchthaltemittel und gleichzeitig ist dies der Beitrag zum „cremigen“ Geschmack: Eiskristalle ab 50 µm würden von der Zunge einzeln wahrgenommen werden und hinterlassen einen „sandigen“ Eindruck.

Ein ähnlicher Effekt tritt auch bei langer Lagerung ein. Ähnliches gilt auch für die Fettkügelchen: dadurch, dass sie klein- und vom Wasser getrennt festgehalten werden, ergibt sich eine gewisse „emulgierende Wirkung“ des JBKM. Freilich ist der Hauptbeitrag dazu der der mechanischen Bearbeitung: durch besondere Homogenisierungsverfahren werden die Zutaten fein verteilt.

Dadurch, dass JBKM Wasser festhält, erklärt sich auch der „qualitätskonservierende“ Einfluss: die Eiskristalle können während der Monate dauernden Lagerung langsamer wachsen, das Eis bleibt für Hersteller und Verkäufer länger lagerfähig und für den Verbraucher länger „cremig“.

Qualitative sensorische Anforderungen	Traditionelle Lösung	Moderne Lösung: zusätzliche Maßnahmen
cremiger Geschmack	Fett, flüssige Phase, Aufschlag	JBKM , erhöhter Aufschlag
süß	Zucker	Aromaverstärker, ggf. Süßstoffe
frischer Geschmack	Wasser, Früchte, Zucker	Aromenzusatz, Genusssäuren
leichter Geschmack	Aufschlag	JBKM statt Fettanteil, optimierter Aufschlag
geringer Brennwert	-	JBKM statt Fettanteil, Zuckererersatzstoffe

Tab. 7: Anforderungen an das Produkt und ihre Erfüllung.

In Eiskrem liegen also drei Phasen nebeneinander vor: feste Eiskristalle und Fettkügelchen, gasförmige Luftbläschen, alle eingebettet in eine flüssige Matrix, die im Wesentlichen aus konzentrierter Zuckerlösung besteht.

In zwei Punkten entspricht das Rezept allerdings nicht dem industriellen Vorbild: Milch und Sahne. Diese Zutaten werden als „Molkeneiweiß“, „Milchpulver“ und andere verarbeitete Milchprodukten eingesetzt. Ein Grund ist technologischer Natur: der Wasser- und Fetteintrag kann besser und getrennt voneinander dosiert werden. Der bedeutendere Grund ist aber betriebswirtschaftlicher Art: verarbeitete Milchprodukte sind von der EU subventioniert, somit deutlich billiger als die Milch selbst.

Brennwertreduktion. Inulin ist Reservepolysaccharid in vielen Asteraceen (Topinambur, Löwenzahn, Alant). Chemisch gesehen ist es ein Polyfructosan, lineare Ketten aus ca. 30 β -2,1-Fructosen. Es gilt als „Ballaststoff“, da es durch menschliche Enzyme schlecht abbaubar ist. Die vorgestellte Rezeptur liefert ein Produkt mit einem physiologischen Brennwert von ca. 540kJ/100g: der Fettanteil ist um ca. 60% reduziert (siehe Sahne!). Bei der unveränderten Rezeptur sind es noch ca. 1100kJ/100g. Inulin ist im Reformhaus als „Fibruline“ zu erhalten und kostet ca. 20 DM/kg.

Berechnungen. In Anhang 5.10 sind Werte und ein Flussdiagramm angegeben, mit denen man die optimalen Verhältnisse der bedeutenden Komponenten einstellen kann, auch wenn man neue Geschmacksrichtungen ausprobieren möchte. Wenn man mit Frischobst oder tiefgefrorenem Obst arbeitet, ist es klar, dass man eine größere Menge Wasser einträgt, die das einzuhaltende Verhältnis zu Fett und Zucker stört. Das Flussdiagramm kann Lernende leiten,

1. ein neues Rezept nur zu berechnen,
2. sich mit Massenanteilen auseinander zu setzen,
3. ein Computerprogramm zu schreiben, das die Berechnung übernimmt.

4.3.2 Didaktisches Potential

Mögliche Lehrziele:

- Bei der Herstellung geübte Fertigkeiten und ausgeübte Maßnahmen sollen Lernende in die Lage versetzen, technologische Schritte und Anforderungen bei der Eisproduktion zu verstehen.
- Kenntnisse über Anforderungen an das Produkt (durch Verbraucher, Handel und Hersteller) sollen zum Verständnis technologischer Maßnahmen und der Wahl von Inhaltsstoffen führen.

- Ein Vergleich von Rezepturen mit und ohne einen bestimmten Zusatzstoff soll zum Verständnis der Wirkung und zur Bewertung der Notwendigkeit führen (Diskussion).

Als Arbeitsform bietet sich die arbeitsteilige Gruppenarbeit an. Eine Klasse mit 30 Lernenden ergibt 10 Arbeitsgruppen je 3 Lernende.

- Gruppe 1: Eiskrem (Vanille) ohne Emulgator
- Gruppe 2: Eiskrem (Vanille) ohne Stabilisator
- Gruppe 3: Eiskrem (Vanille), vollständiges Rezept
- Gruppe 4: Einfacheiskrem (Vanille) ohne Ei
- Gruppe 5: Einfacheiskrem (Vanille) mit Farbstoff
- Gruppe 6: Einfacheiskrem (Vanille), vollständiges Rezept
- Gruppe 7: Eiskrem (Schoko), vollständiges Rezept
- Gruppe 8: Einfacheiskrem (Schoko), vollständiges Rezept
- Gruppe 9: Eiskrem (Schoko), brennwertreduziertes Rezept
- Gruppe 10: Fruchteis (Himbeere)

Geschmackliche Vergleiche zwischen den Gruppen liefern Antworten auf folgende Fragen:

1. Ist Emulgator wirklich nötig?
2. Sind Stabilisatoren wirklich erforderlich?
3. Welche Rolle spielt das Ei in Einfacheiskrem?
4. Welche Rolle spielen Farbstoffe in Einfacheiskrem?
5. Ist Brennwertreduzierung mit Geschmackseinbuße verbunden?

Eindeutige Antworten auf 1 und 2 wird es nicht geben. Lernende können sich, je nach eigener Beurteilung des Geschmacksempfindens, wahlweise dafür oder dagegen entscheiden, diesmal aber **mit** Kenntnis der (unmittelbaren) Wirkung.

Dass Eiskrem (im geschmolzenen Zustand) eine Emulsion ist und zu welchem Typ (O/W oder W/O) sie zuzuordnen ist, kann mit dem Experiment in Anh. 5.13 geklärt werden.

Mit den Arbeiten von Sommer [37] lässt sich die Herstellung von Speiseeis zu einem **Projekt „Von der Pflanze zum Produkt“** verknüpfen: isolieren Sie Inulin aus Zichorienwurzeln und setzen Sie das Produkt anschließend zur Brennwertreduktion in Eiskrem ein.

Zum fachübergreifenden Arbeiten bietet das Thema Eiskrem Querbezüge zur Mathematik. Eiskrem ist ja ein recht komplexes Gemisch aus sich nicht unbedingt „vertragenden“ Substanzen: unterschiedliche wässrige Lösungen und verschiedene Fettquellen. Die Textur des Produktes, das Mundgefühl, hängt im Wesentlichen von 4 Größen ab, die in Abb. 13 grau unterlegt sind.

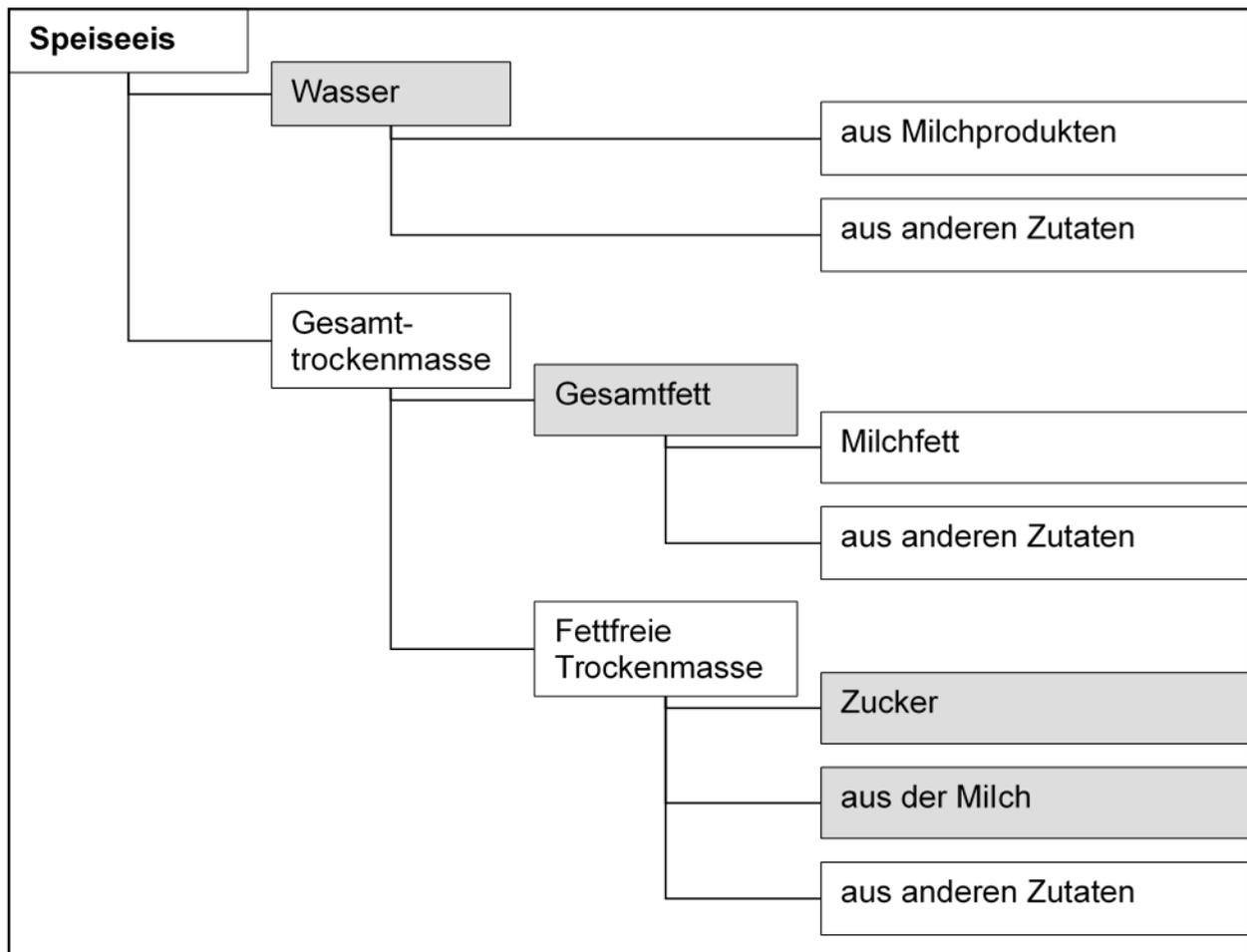


Abb. 13: Hauptsächlichste Baustoffe des Speiseeises [15]

Wie die Grafik genauso zeigt, können diese Komponenten aus unterschiedlichen Quellen stammen. Um nun untere und obere Grenzen für ein gutes Verhältnis dieser Komponenten sicher zu stellen, muss die gegenseitige Abhängigkeit berücksichtigt werden. Das Ablaufdiagramm in Anhang 8 erleichtert die Berechnung auf unterschiedlichen Stufen:

- nur mathematisch,
- mit Bezügen zur chemischen Analytik unter Einbeziehung der Fachbegriffe wie Massenanteil u.ä.
- mit Bezügen zur Informatik, indem man ein Programm für die Berechnung schreibt.

4.3.3 Anleitungen

Die Rezepturen eignen sich für Sekundarstufe I und II, die Rechenaufgaben eher für Sekundarstufe II (Anh. 5.9).

Siehe Anh. 5.7 Eiscreme und 5.8 Eiskrem „Schoko“ im Brennwert reduziert [38, 39] und Anh. 5.9 Rezeptanpassung 5.13 Emulsionen.

4.4 Aromen: Herstellung einer naturidentischen Ananas-Aromakomposition [40]

4.4.1 Wissensbasis

Aromen. *Unter Aroma versteht man sowohl einen sensorischen Eindruck als auch den oder die Stoffe, die diesen Eindruck hervorrufen. Nach DIN 10950 ist Aroma der olfaktorische Gesamteindruck flüchtiger Stoffe einer Probe. Er unterscheidet sich vom Geruch dadurch, dass viele dieser Stoffe erst beim Kauen, durch die Wärme der Mundhöhle usw. freigesetzt werden und dann über die Rachen-Nasen-Verbindung zur Empfindung beitragen.[34]*

- **Natürliche Aromastoffe** werden lebensmittelrechtlich definiert als Extrakte, die mittels physikalischer, enzymatischer oder mikrobiologischer Verfahren aus pflanzlichen oder tierischen Rohstoffen gewonnen wurden [41]. Sie sind mit fast 75% Anteil an der Aromenproduktion marktbeherrschend. Die Einsatzgebiete beschränken sich im Wesentlichen allein technologisch. Im praktischen Einsatz (Fruchtgummis) stören höchstens die fast universelle bräunliche Färbung und die relativ geringe Konzentration, so dass man bei der Dosierung erhebliche Flüssigkeitsanteile einbringt.
- **Künstliche Aromastoffe** besitzen in der Natur keine strukturelle (z.B. Methylvanillin) oder aromawirksame Entsprechung (z.B. „Bubble-Gum“-Aroma). Sie sind (in der Bundesrepublik) selten und ihr Einsatz wird vom Lebensmittelrecht stark eingeschränkt. Auch ist die Akzeptanz durch den deutschen Verbraucher (mittlerweile) minimal.
- **Naturidentische Aromastoffe** sind durch chemische Verfahren oder Synthesen gewonnene Aromastoffe, die den natürlichen chemisch gleichen. Ihr Marktanteil beträgt knapp 25% und die typischen Einsatzgebiete liegen in etwas extremeren Technologiebereichen (Backaromen, Trockenprodukte, Süßwaren u.a.).

Aromakomponenten. Bei den meisten Früchten liegt der Aromagehalt bei $w < 0,005\%$ (Ausnahme: Zitrusfrüchte). Die Massenanteile einzelner Aromastoffe bewegen sich zwischen einigen ppm bis unter 1ppb (hier liegt i.d.R. auch die Nachweisgrenze). Heutzutage kennt man von den meisten Fruchtaromen ca. 150 bis 300 Einzelkomponenten [42]. Für das Ananas-Aroma zum Beispiel werden für 85 der 285 Komponenten quantitative Angaben gemacht [43]. Die Werte unterscheiden sich allerdings in den verschiedenen Quellen. Fast alle Stoffklassen der organischen Chemie sind vertreten: von den 85 Stoffen sind z.B.: 1 CKW (!), 3 Alkene, 6 Alkanole, 4 Alkanale (auch Methanal!), 1 Alkanon, 4 Säuren, 14 Lactone und 47 Ester.

Nach der Art des Beitrages zum Aroma lassen sich die Komponenten in mehrere Gruppen einteilen:

- Wenige **Schlüsselverbindungen** leisten den wesentlichen Beitrag (Anh. 5.10.1, Nr. 1-2) und sind entscheidend für das „Wieder erkennen“ eines Aromas.
- Eine Reihe von Verbindungen bilden den „**Körper**“, (Anh. 5.10.1, Nr. 3-9).
- **Aromaverstärker** „runden das Aroma ab“, (Anh. 5.10.1, Nr. 10-13).
- Mit Hilfe von **Lösungsmitteln** (Anh. 5.10.1, Nr. 14-15) werden besonders flüchtige Anteile „gebunden“ und ein besser dosierbares Volumen erreicht.[44]

Essen? Folgende Überlegungen sollten jedoch angestellt und diskutiert werden:

- Nach zweimaligem, fachgerechtem Destillieren (ohne Siedeverzug und bei rechtzeitigem Abbruch) wiesen unsere Ester-Chargen eine Reinheit (GC) von über

99.5% auf. Feinchemikalienhersteller garantieren in der Qualität „zur Analyse“ (Merck) bzw. „purissimum“ (Fluka) 99.3%. Wie sehr also vertraut man der eigenen Arbeitsweise?

- Die eingesetzten Mengen in der Aromakomposition sind sehr gering ($w=0.08-9\%$). Die Anteile möglicher Verunreinigungen liegen nochmals um den Divisor 100 darunter.
- Im natürlichen Ananasaroma kommen die Ester in trauter Gemeinsamkeit mit guten, wenn auch wenig beliebten Bekannten vor: Phenol (0.054ppm), Chloroform (0.04 ppm), Benzol, Ethanal, Methanal und etwa Vinylbenzol(!). Mag man, nachdem dies bekannt ist, noch Ananasfrüchte essen?
- Im Produkt („Gummibärchen“) liegt der Massenanteil der einzelnen Ester im Bereich von $w < 100\text{ppm}$, also im Bereich dessen, was man im natürlichen Ananasaroma ebenfalls vorfindet.

Wir halten den Verzehr von Fruchtgummis, mit sorgfältig selbst hergestellter Komposition aromatisiert, für unbedenklich. Die reine Komposition sollte man jedoch so nicht trinken, dafür ist sie auch nicht gedacht: wenige Tropfen genügen für einen Ansatz Fruchtgummi nach bewährtem Rezept. Für die Flaschenbeschriftung empfiehlt sich: Xn, F; R: 11-40/22-43, S: 25-45.

4.4.2 Didaktisches Potential

Unterrichtliche Anknüpfungspunkte	Ausgewertete Inhalte	Konkrete Beiträge
Chemie:		
<ul style="list-style-type: none"> • Stoffklasse Ester 	<ul style="list-style-type: none"> • Ester als bedeutende Komponenten in Fruchtaromen 	<ul style="list-style-type: none"> • Beispiele für „Fruchtester“ • Liste der am Ananas-Aroma beteiligten Ester • Selbsttätigkeit: Herstellung einer Aromakomposition unter Beteiligung von Estern
<ul style="list-style-type: none"> • Lebensmittelzusatzstoffe 	<ul style="list-style-type: none"> • Künstliche, naturidentische und natürliche Aromen 	<ul style="list-style-type: none"> • Definition und Hintergrundinformationen
Biologie:		
<ul style="list-style-type: none"> • Geruch 	<ul style="list-style-type: none"> • Geruchsschwelle 	<ul style="list-style-type: none"> • Geruchsschwellenwert für aromawirksame Stoffe.

Das Mischen an der Waage und/oder mit Pasteur-Pipetten sieht auf den ersten Blick langweilig aus. Zu einem besonderen Erlebnis kann es werden, wenn man immer wieder gezielt die Nase einsetzt. Folgende Arbeitsaufträge könnte man formulieren:

1. **Auftrag:** Beschreibe die einzelnen Komponenten geruchlich! An welche bekannten Gerüche erinnern sie? Sind neue Begriffe anzuwenden („etherisch“, „Note“)? Schon bei den Estern überraschen die Noten „Apfel“, „nussig“, und „Rum“, erst recht der unangenehme „Rettich“-Geruch der schwefelhaltigen Verbindung. Daraus soll „Ananas“ werden?
2. **Auftrag:** Verfolge die Veränderung im Aroma, wenn jeweils die nächste Komponente bzw. Gruppe von Komponenten zugegeben worden ist (Reihenfolge aus

Anh. 5.10.1)! Mit den Verbindungen 1-2 vorsichtig umgehen, bei 3-9 wird die Unterscheidung schwierig, aber interessant; die Geschmacksverstärker 10-13 lassen dann das Aroma nochmals „aufblühen“.

- 3. Auftrag:** Variiere! Nimm den Anteil von Verbindung 1 (Anh. 5.10.1) etwas zurück, gib etwas mehr 2(!) und/oder 3, 6 oder 10 zu und lasse dich vom Effekt überraschen. Vergleiche mit käuflichen Ananas-Aromen! Davon gibt es viele unterschiedliche, je nach beabsichtigtem Verwendungszweck (Speiseeis, Bonbons...).[45] [46]

Scheut man sich im ersten Augenblick vor den Anschaffungskosten von ca. 200 €, so sollte man bedenken, dass die angeschafften Stoffe unter verschiedenen Gesichtspunkten weiter über Jahre eingesetzt werden können. Gerüche und Aromen sind für den Unterricht ein sehr aktuelles und für Lernende ein sehr attraktives Thema. Man erwirbt gleichzeitig Beispiele für Fruchtester, Laktone, die bedeutende Klasse schwefelhaltiger Aromakomponenten und für Maillard-Produkte der Kohlenhydrate (Furaneol, Maltol) [47].

Des Weiteren kann das Komponieren des Aromas mit der Herstellung von Fruchtgummi zu einem umfangreicheren **Projekt „Vom Reinstoff zum Lebensmittel“** kombiniert werden.

4.4.3 Anleitung

Das Mischen der Aromakomposition ist für Sekundarstufe I geeignet. In [48] werden lehrplanrelevante Synthesen für einige der benötigten Ester beschrieben, die in der Sekundarstufe II in der Regel realisierbar sind. Siehe Anh. **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden..**



Abb. 14: Studentin bei der Komposition von Aromen mit Hilfe einer Waage.

4.5 Herstellung von Fruchtgummi nach industriellem Vorbild [49]

4.5.1 Wissensbasis

Gelatine. Die Gelatine stammt, wenn man dem Hersteller glaubt, nicht von Rinderknochen (BSE!), sondern wird ausschließlich aus Schweineschwarten hergestellt. Somit ist sie ein natürliches Lebensmittel. Das in Knochen und der Haut enthaltene kollagene Protein ist der eigentliche Rohstoff für die Gelatineherstellung. Kollagen gehört zu den Skleroproteinen, deren Grundbaustein eine Polypeptidkette aus ca. 1050 Aminosäuren ist. Derzeit kann man bereits 17 Kollagentypen identifizieren. Drei dieser Ketten lagern sich zu einer Tripelhelix zusammen. Die drei Polypeptidketten sind in Form eines starren Seils umeinandergewunden. Durch Zusammenlagerung vieler Tripelhelices entstehen Kollagenfibrillen, die durch Quervernetzungen stabilisiert werden und ein dreidimensionales Netzwerk bilden. Bedingt durch diese vernetzte dreidimensionale Struktur ist Kollagen nicht wasserlöslich. Kollagen ist der wichtigste Faserbestandteil von Haut, Knochen, Sehnen, Knorpel, Blutgefäßen und Zähnen und dient dazu, Zellen im Verband zu halten. Mehr zur Struktur und Herstellung von Gelatine findet sich in [50].

In Fruchtgummis ist Gelatine der Konsistenzgeber. Alternative Konsistenzgeber wie Stärke, Pektin oder Agar-Agar führen von der Textur her zu völlig anderen Produkten, die nur sehr angenähert gummiartig sind. Auf der anderen Seite machen sie das beliebte Produkt auch für Vegetarier zugänglich.

Invertzucker. Neben Gelatine bestehen Gummibärchen hauptsächlich aus Zucker. Damit es nicht zu erheblicher Texturveränderung kommt, müssen Kristallisationsprozesse verhindert werden. Das geschieht durch den Einsatz von Zuckergemischen.

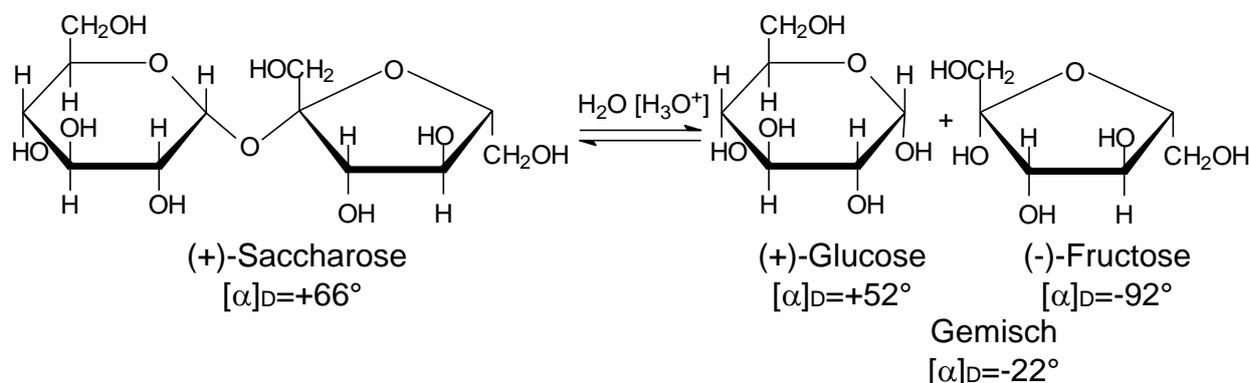


Abb. 15: Invertierung als säurekatalysierte Hydrolyse

Invertzucker lässt sich im Schülerexperiment säurekatalysiert (Weinsäure) oder enzymatisch (β -Fructosidase) herstellen. Das Ergebnis ist eine leicht gelbliche, honigzähe Zuckerlösung. Im Lebensmittelhandel sind verschiedene Invertzucker-Produkte als Backzutaten oder Brotaufstrich erhältlich, die jedoch eine intensiv braune („golden“) bis schwarze Eigenfärbung aufweisen und nur beschränkt z.B. für gelbe Gummibärchen einsetzbar sind.

Im fertigen Produkt Fruchtgummi finden sich alle drei Zuckerarten: Saccharose im Gemisch mit Glucose und Fructose.

Technologie. Ziele der „Gummibärchen-Technologie“ sind:

- Das Produkt muss wirklich gummiartige Konsistenz haben und diese über einige Wochen auch behalten.
- "Flüssiges Gummi" klebt sehr stark (denken Sie mal bei Gelatine an Knochenleim!), muss sich aber dennoch aus einer Gießform wieder lösen lassen.

Bei der Großherstellung heißt die Lösung MOGUL-Anlage: große Tablettts werden mit Maisstärke locker belegt. In die Stärke werden die Formnegative eingedrückt, anschließend die Vertiefungen mit der Schmelze gefüllt. Nach dem Aushärten wird alles auf ein Rüttelsieb gekippt, wobei die Stärke durchfällt und nach Reinigungs- und Trocknungsschritten wiederverwendet wird. Die Bärchen werden entstaubt und gelangen dann in eine Trommel, wo sie mit Trennmittel besprüht werden. Das verhindert das Zusammenkleben und verleiht einen „appetitlichen Glanz der Sauberkeit und Frische“. Nach dem gleichen Verfahren wird auch eine andere, bei Lernenden sehr beliebte Süßigkeit hergestellt: Jelly-Belly. Auf einer virtuellen Besichtigungstour kann man Bilder aus der Fertigung sehen [51].

Bei der Handhabung der Stärkebetten (Backblech mit Maisstärke, keine rieselfähige Kartoffelstärke!) kann es etwas stauben. Im Vorfeld lassen sich als Formen auch Süßigkeiten-Packungen (Milka-Herzen) oder kleine, beschichtete Backförmchen als Gießmodeln verwenden, wenn man sich noch nicht sicher ist, dass man öfter Fruchtgummi herstellen wird (woran aber eigentlich nicht zu zweifeln ist). Erdnussschalen sind nicht zu empfehlen – sie liefern Fruchtgummi mit „Ballaststoffen“.

Modeln. Modeln dienen zum Erzeugen von Formvertiefungen im Stärkebett. Zunächst lassen sich fertige Formen „kopieren“:

- industrielle Fruchtgummi-Produkte wie Haribo-Bärchen, Früchte, Tiere...
- oder Spielzeug aus Kunststoff, etwa aus Überraschungseiern.

Wichtig ist, dass sie nicht zu dick sind und keine zu scharfen Kanten oder zu dünne Strukturen aufweisen. Auch Alltagsgegenstände können eingedrückt werden: Seifenschale, Platine mit Bauteilen bis hin zum Computer-Mainboard.

Wesentlich interessanter sind hingegen selbst hergestellte oder ungewöhnliche Modeln: eine Nacktschnecke, ein Laubfrosch, eine Ohrmuschel... Ton bietet sich an, aber auch Siliconharz oder Polyester-Harz (womit man ein weiteres Thema der Chemie abgedeckt hätte).

Formen lassen sich aber auch manuell ins Stärkebett modeln: ein Handabdruck, eine Schlange oder eine Spinne, mit Hilfe von Löffelabdrücken in Kombination mit Fingerzeichnung der Beine. Beispiele im Bild finden sich in [52].

4.5.2 Didaktisches Potential

Mögliche Lehrziele sind in 1.4.1 aufgelistet worden. Sie können wie folgt zusammengefasst werden:

1. Fruchtgummis schmecken gut.
2. Fruchtgummis sind Produkte aus dem **Alltag**. Man erfährt etwas über das tägliche Lebensmittel, man versteht die Inhaltsstoffdeklaration und man kann sich bewusst für oder gegen ein Konkurrenzprodukt entscheiden, z.B. künstliche oder natürliche Farbstoffe, naturidentische oder natürliche Aromen.
3. Fruchtgummis sind **Produkte** aus dem Alltag. Man stellt etwas her, was man in die Hand bzw. den Mund nehmen kann. Man kann ein attraktives Produkt aus dem Unterricht mitnehmen und Mitschülern zeigen, die kein so schönes Fach haben, oder man kann es Eltern oder Freunden als individuelles Geschenk präsentieren.
4. Fruchtgummis wirken nachhaltig. Rezepte können nach dem Üben in der Schule zu Hause, mit Freunden oder in Arbeitsgruppen jederzeit nachgekocht werden.

5. Fruchtgummis bieten Raum für Selbsttätigkeit. Das bedeutet nicht nur, dass man selber hinlangt, sondern dass die Rezepte Raum für eigene Variationen lassen. So haben z.B. meine Lernenden sehr kreativ
- Geschmack (Husten-Gummibärchen mit Eukalyptus und Menthol),
 - Farbe (blaue oder türkisfarbene Gummibärchen) oder
 - Formen (die eigene Nase oder Hand) abgewandelt.

Wenn man die Fruchtgummis selber herstellt, kann man in die Synchronizität von Farbe und Aroma-Eindruck eingreifen: stellen Sie mal grüne Gummibärchen her, die nach Himbeere, und rote, die nach Zitrone schmecken, her. Was glauben Sie, was Ihre Testpersonen dazu sagen?

Ist aber Farbe und sonstige Wahrnehmung zu asynchron, schmecken sie überhaupt nicht mehr, wobei oft die Vorerfahrung die entscheidende Rolle spielt:

- Blaue oder sehr leuchtend gefärbte Produkte schmecken wenigen erwachsenen Deutschen; Kinder haben damit viel weniger Probleme.
- Kakao- oder Kaffeebärchen waren nicht der Hit, genauso Hustenbärchen, obwohl sie an sich sehr gut schmeckten. Wir kennen diese Produkte nicht mit gummiartiger Konsistenz. Mittlerweile gibt es sie aber in Apotheken.
- Der Geschmack nach Red Bull kam so lange nicht an, bis die Leute wussten, nach was es schmecken **soll**.

Normalerweise nehmen über 90% der Testpersonen ein "farbiges" Aroma wahr: was rot ist, schmeckt nach Erd- oder Himbeere, was gelb ist nach Zitrone oder Ananas.

Im Zeitalter der Harry-Potter-Literatur lassen sich sicher auch ungewöhnliche Aromen verwenden: Zwiebel, Knoblauch, Pfeffer, Chili, Tomate, Kartoffelchip, Meerrettich...

Fachübergreifende Bezüge ergeben sich auch dadurch, dass man eigene Formen herstellt. Die Kollegen mit dem Unterrichtsfach Kunst beherrschen verschiedene Techniken der Bearbeitung plastischer Massen: Ton, FIMO, Kunstharz...

Die Herstellung von Fruchtgummi kann mit dem Komponieren des Ananasaromas zu einem umfangreicheren **Projekt „Vom Reinstoff zum Lebensmittel“** kombiniert werden. Die Projektskizze findet sich unten.

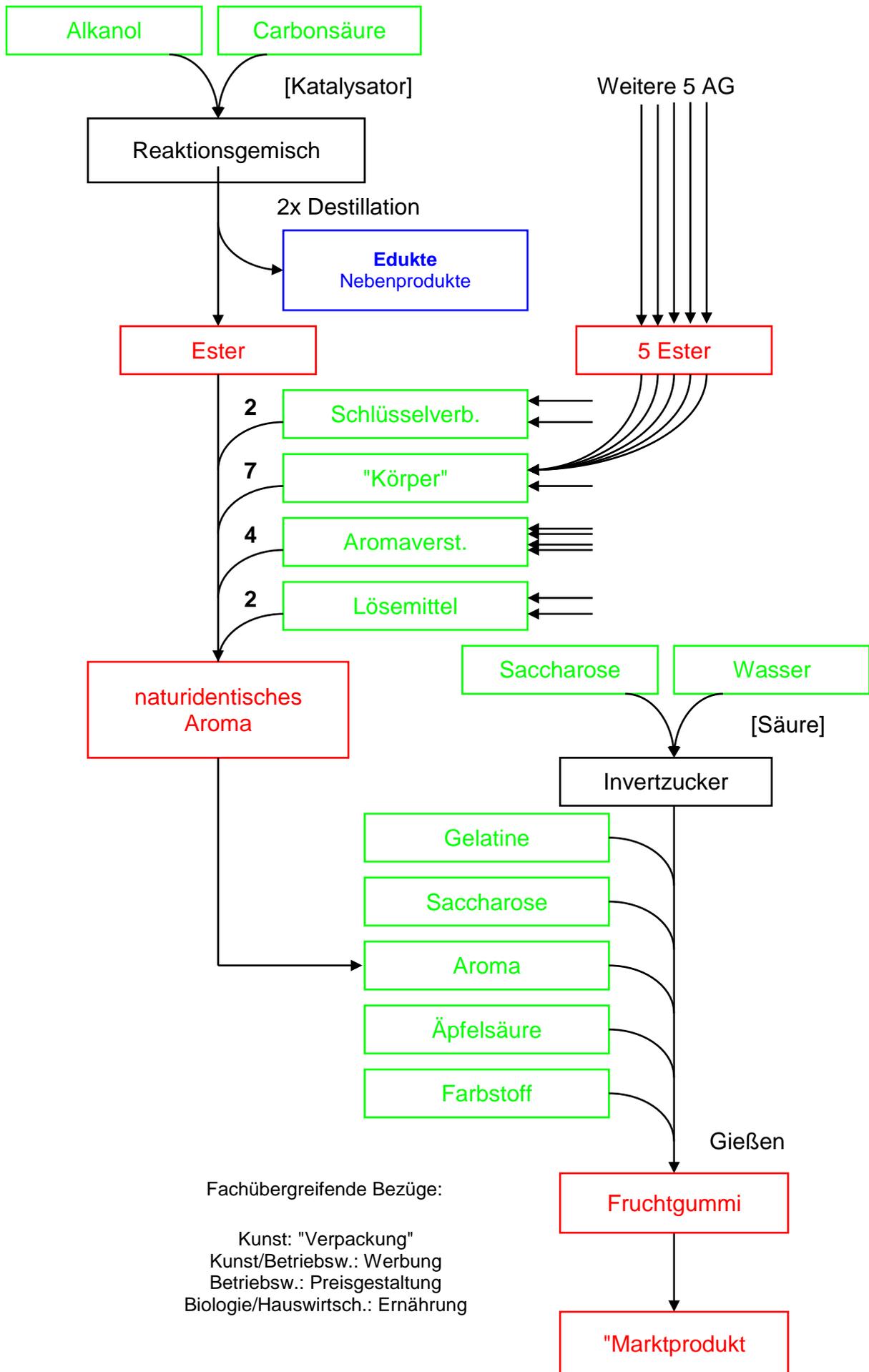
4.5.3 Anleitung

Fruchtgummis sind in allen Altersstufen schon hergestellt worden (Primarbereich bis Hauptstudium).

Schritt	Aktivität	Jgst. 4	Jgst. 8	Jgst. 12
1.	Zutaten abwiegen.	-	+	+
2.	Saccharose mit Weinsäure zu Invertzuckersirup spalten.	+	+	+
3.	Gelatine quellen lassen; im Wasserbad (70°C) schmelzen.	-	+	+
4.	Konzentrierte Zuckerlösung bis 115°C eindampfen.	-	-	+
5.	Invertzucker, Gelatine und Zuckerlösung mischen.	+	+	+
6.	Aroma, Säure und Farbstoff zudosieren.	+	+	+
7.	Abdrücke im Stärkebett vorbereiten.	+	+	+
8.	Gießen.	+	+	+
9.	Herausnehmen und putzen.	+	+	+
10.	Stärkebetten pflegen.	-	-	+

Tab. 8: Tätigkeiten bei der Fruchtgummiproduktion nach Jahrgangsstufen.

Siehe Anh. 5.11 Herstellung von Fruchtgummi „Gummibären“ mit Gelatine.



Fachübergreifende Bezüge:
 Kunst: "Verpackung"
 Kunst/Betriebsw.: Werbung
 Betriebsw.: Preisgestaltung
 Biologie/Hauswirtsch.: Ernährung

5 Anhang

5.1 Umrötung

Zeitbedarf: 10 Minuten, Wartezeit: 45 Minuten

Material:

Lösemittel:

- Mess-Kolben, 500 mL
- Mess-Zylinder, 100 mL
- Voll-Pipette, 10 mL

Chemikalien:

- *Gelbwurst*
- *Wiener*
- *Göttinger*
- *Salami*
- *VE-Wasser*

Messung:

- Waage, 00,00 g
- 2 Bechergläser, 150 mL
- 2 Uhrgläser, d= 100 mm
- Mörser mit Pistill (oder Pürierstab)
- Trichter, d= 80 mm
- Falten-Filter, 110 mm
- Erlenmeyerkolben, 250 mL

- **Salzsäure**

w= 32% (konz.)
CAS-Nr.: 7647-01-0



Gefahr

H314, H335, H290
P260,
P303+P361+P353,
P309+P311

P305+P351+P338,
P304+P340,

- **Propanon (Aceton)**

CAS-Nr.: 67-64-1



Gefahr

H225, H319; H336, EUH066
P210, P240, P305+P351+P338,
P403+P233

Vorbereitung: Lösemittel herstellen: In den Mess-Kolben 140 mL VE-Wasser, mit dem Mess-Zylinder abmessen, einfüllen.

Dann 10 mL Salzsäure zupipettieren und mit Aceton auf 500 mL auffüllen.

Letzteres muss stufenweise geschehen, da eine Volumen-Kontraktion auftritt.

Durchführung: 10 g Wurst abwiegen und zusammen mit ca. 50 mL Lösemittel im Mörser zerkleinern (falls ein Pürierstab benutzt wird: im Becherglas).

Wurstreste vom Pistill (Pürierstab) durch Spülen mit Lösemittel in das Becherglas befördern und auf 100 mL auffüllen.

45 Minuten im Kühlschrank, Becherglas abdecken, ruhen lassen.

Anschließend den Inhalt in den Erlenmeyerkolben filtrieren.

Vergleichen Sie die Farben der Filtrate.

Beachten Sie auch die Farbe des Rückstandes.

Beobachtung: Wurst-Sorten sind unterschiedlich stark umgerötet, je nach Herstellungsrezept und –Philosophie des Metzgers.

Deutung: Je nach Einstellung des Metzgers kann ein und dieselbe Wurst-Sorte umgerötet sein oder nicht.

Umrötung ist nicht vom Produkt her notwendig, sondern eine rein optische Maßnahme.

Auch nicht umgerötete Wurst kann Farbvertiefungen zeigen, wenn über andere Quellen NO erzeugt wird, etwa Nitrat aus Grün-Gewürzen.

Entsorgung:

- Filter und Rückstand: **E3**
- Filtrat: **E10, B3**

Quelle:

- Schormüller, J.: Handbuch der Lebensmittelchemie, Band III/2, Heidelberg 1991, Seite 1001-1052

Hintergrund:

- Gesetzliche Einteilung von Wurst-Waren:
 - Brüh-Wurst (manche Produkte gepökelt): z. B. Wiener und Göttinger ja, Gelbwurst und Weißwurst nein.
 - Koch-Wurst (manche Produkte gepökelt): Leberwurst und Pasteten manchmal; Blutwurst und Sülzen nicht.
 - Roh-Wurst (immer gepökelt): Salami, Teewurst, Dauerwurst, Cervelat.

5.2 Qualitativer Nachweis von Mono-, Di- und Triphosphat

Zeitbedarf: Eine Wurst-Sorte: 45 + 30 Minuten Laufzeit, jede weitere + 10 Minuten

Ziel: Phosphate, Lebensmittel-Zusatzstoffe

Material:

- Schneidebrett
- Chromatographie-Kammer, 250 mL
- DC-Platten CEL 300
40 x 80 mm
- Lineal, Bleistift 2B
- Trockenschrank, T = 80°C
- Fön mit Kaltluft-Stufe
- Stoppuhr, Zeitungspapier
- 2 Zerstäuber-Fläschchen

Chemikalien:

- **Natriumdihydrogenphosphat-1-hydrat**
($\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$)
CAS-Nr.: 10049-21-5
- **Natriumpyrophosphat-10-hydrat**
($\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$)
CAS-Nr.: 13472-36-1
  Gefahr
H302, H318
P264, P270, P280, P330, P301+P312
- **Pentatriumtriphosphat**
($\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$)
CAS-Nr.: 7758-29-4
- **VE-Wasser**
- **Ammoniumheptamolybdat-4-hydrat**
($(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$)
CAS-Nr.: 12054-85-2
 Achtung
H302

Je Probe bzw. Test-Lösung:

- Trichter, Faltenfilter, d = 90 mm
- Becherglas, 5 mL
- Mörser, Pistill
- Erlenmeyerkolben, 50 mL
- Mikroliter-Pipette
- Mess-Pipetten, 1 mL, 5 mL, 10 mL
- Waage, 0,000 g
- Messkolben, 50 mL
- Messkolben, 100 mL
- Spatel
- **Salzsäure**
c= 1 mol/L
CAS-Nr.: 7647-01-0
 Achtung
H290
- **Isopropanol (2-Propanol)**
CAS-Nr.: 67-63-0
  Gefahr
H225, H319, H336
P210, P233, P240, P305+P351+P338, P403+P235
- **Ammoniak-Lösung**
w= 25% (konz.)
CAS-Nr.: 1336-21-6
   Gefahr
H290, H314, H335, H400
P260, P273, P280, P301+P330+P331, P303+P361+P353, P305+P351+P338
- **Trichloressigsäure**
CAS-Nr.: 76-03-9
  Gefahr
H314, H410
P273, P280, P310, P391, P304+P340, P303+P361+P353, P305+P351+P338

- Salzsäure**
 w= 32% (konz.)
 CAS-Nr.: 7647-01-0

 Gefahr
 H314, H335, H290
 P260, P305+P351+P338,
 P303+P361+P353, P304+P340,
 P309+P311
- Zinn(II)-chlorid-2-hydrat**
 CAS-Nr.: 10025-69-1

 Gefahr
 H290, H302, H314, H317, H332, H335,
 H373, H412
 P280, P310, P304+P340,
 P301+P330+P331, P303+P361+P353,
 P305+P351+P338
- Perchlorsäure**
 w= 60%
 CAS-Nr.: 7601-90-3

 Gefahr
 H271, H290, H302, H314, H373
 P210, P280, P310, P304+P340,
 P303+P361+P353, P305+P351+P338,
 P371+P380+P375

Vorbereitung:

- Test-Lösungen der Phosphate herstellen, ca. 1 mg $P_2O_5/\mu L$:
 - $\rho^*(NaH_2PO_4 \cdot H_2O) = 2 \text{ g/L} = 1030 \text{ mg/L } P_2O_5$
 - $\rho^*(Na_4P_2O_7 \cdot 10H_2O) = 3 \text{ g/L} = 954 \text{ mg/L } P_2O_5$
 - $\rho^*(Na_5P_3O_{10}) = 2 \text{ g/L} = 1158 \text{ mg/L } P_2O_5$
- Trichloressigsäure-Lösung herstellen: w= 20%
- Laufmittel herstellen:
 Trichloressigsäure-Lösung : 2-Propanol : VE-Wasser : Ammoniak-Lösung
 10 : 35 : 5 : 0,15
- Sprüh-Reagenz I herstellen: 12,5 mL VE-Wasser, 150 mg Ammoniumheptamolybdat, 1,3 mL Salzsäure (c= 1 mol/L), 0,75 mL Perchlorsäure (w= 60%)
- Sprüh-Reagenz II herstellen: 12,5 mL VE-Wasser, 15 mg Zinn(II)-chlorid, 0,25 mL Salzsäure (w= 25%)

Laufmittel und Sprüh-Reagenzien sind täglich frisch anzusetzen

Durchführung:

Probe aufbereiten: Ein Stückchen Wurst auf dem Schneidebrettchen klein schneiden, davon in den Mörser 5 g einwiegen. Probe mit ca. 7 mL Trichloressigsäure-Lösung versetzen und mit dem Pistill fein zerstoßen. Anschließend durch das Faltenfilter in den Erlenmeyerkolben filtrieren. Es entsteht ein klares, je nach Probe unterschiedlich gefärbtes Filtrat.

Auftragen: Laufmittel wenige mm hoch in die DC-Kammer füllen und ca. 10 Min lang zugedeckt stehen lassen. In der Zwischenzeit auf der DC-Fertigfolie in ca. 5 mm Abstand zum unteren, schmalen Rand mit einem sehr weichen Bleistift eine Startlinie anbringen. Einen Teil des Filtrates in das Becherglas 5 mL umfüllen. Auf die Start-Linie mit der Mikroliter-Pipette durch Auftupfen Test- bzw. Proben-Lösungen auftragen und jedes Mal sofort mit Kalt-Luft aus dem Fön trocknen. Vorgang 3 - 5mal wiederholen. Dann DC-Folie in die Trennkammer stellen. Laufzeit ca.

30 - 60 Minuten, je nach Alter oder Qualität der DC-Platten. Trockenschrank einschalten, auf 80°C vorheizen.

Sichtbar machen: Nach dem Entnehmen im Kaltluft-Strom des Föns trocknen. Weitere 10 Min. bei Raum-Temperatur trocknen lassen. Dann mit Sprüh-Reagenz I aus ca. 30 cm Entfernung im Abzug besprühen, dabei Zeitungspapier unterlegen und die DC-Folie senkrecht stellen. 10 Minuten im Trockenschrank bei 80°C trocknen. Abkühlen lassen. Mit Sprühreagenz II (s. o.) besprühen.

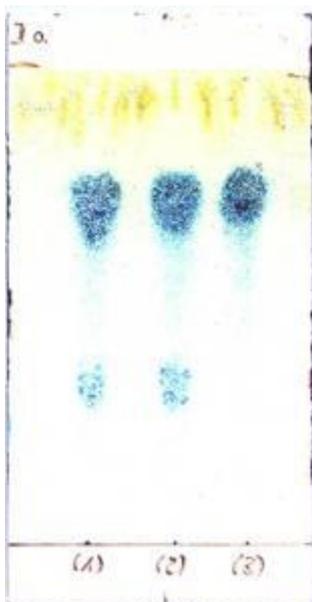
Beobachtung: Es erscheinen sofort blaue Flecken bei Anwesenheit von Phosphat.

Deutung: Die Adsorption an die Cellulose steigt mit dem Kondensationsgrad, R_f ist am niedrigsten für Triphosphat.

	NaH_2PO_4	$\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$	$\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$
Wiener	+	+	+/-
Gelbwurst	+	+	+/-
Göttinger	+	+/-	+/-
Fleischwurst	+	-	-
Leberwurst	+	-	-
Mettwurst	+	-	-

Gesetzliche Höchstmenge (FIV bis 1996): $w(\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) = 0,3\%$

Ergebnis:



Gelb: Laufmittel-Front

Blaue Flecken oben: Monophosphat

Kein Triphosphat in diesen Produkten

(1) Wiener

(2) Gelbwurst

(3) Mettwurst

Entsorgung: Rückstand und Filter: **E3**; Lösungen: **E1**

Hintergrund:

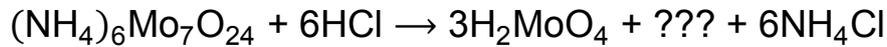
Kutterhilfsmittel: Na/K-Diphosphate: E450a; Na/K-Triphosphate: E450b.

Trichloressigsäure fällt lösliche Proteine aus, so dass diese auf dem Chromatogramm nicht stören.

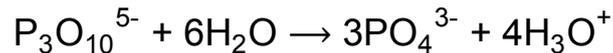
Phosphate. PO_4^{3-} kommt natürlich überall im Sarkoplasma vor und kann von eventuell zugesetztem nicht unterschieden werden. Bis 1998 war nur der Zusatz von $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ zu nicht schlachtwarmem Fleisch (d.h. Fleisch wird erst nach mehr

als 1 (Schwein) - 4 (Rind) h nach der Schlachtung verarbeitet) erlaubt. Mittlerweile soll $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$ auf der Grundlage des EU-Lebensmittelrechtes ebenfalls erlaubt sein.

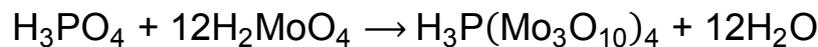
Farbreaktion: Ammoniumheptamolybdat fungiert als Phosphat-Fällungsreagenz. In saurem Medium entsteht die polymere Isomolybdänsäure, die Formel unten steht nur formell dafür:



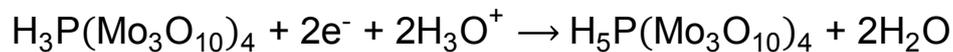
Nach Aufsprühen auf Polyphosphate werden letztere (in Wärme) hydrolysiert: z. B.:



Monophosphat reagiert dann zu Phosphormolybdänsäure:



Zinn(II) reduziert innerhalb des Polymers einige Mo-Atome:



Dabei entsteht Phosphormolybdänblau, ein Gemisch unterschiedlicher Reaktionsprodukte auf den unterschiedlichsten Stufen. Der genaue Reaktionsverlauf ist noch unklar.

Literatur:

1. T. Nydrle: Wurst und ihre Zusatzstoffe, Schr. Hausarbeit, Bayreuth 1995
2. Schormüller: Handbuch der Lebensmittelchemie

5.3 Untersuchungen an Brause-Pulver

Zeitbedarf: 15 Minuten

Ziel: Säuren, Kohlenstoffdioxid, Kohlensäure, Zitronensäure, Weinsäure, Farbstoffe

Material:

- Petrischale
- Lupe
- 2 Bechergläser, 100 mL
- Glasstab

Chemikalien:

- *Brause*-Pulver (Ahoi von Frigeo, am besten Himbeere)

Durchführung 1: Das Päckchen mit dem Brause-Pulver erst gut schütteln, dann öffnen. Die Hälfte davon in die Petrischale schütten, schwenken und mit der Lupe beobachten. Wie viele unterschiedliche Komponenten könne Sie optisch erkennen?

Versuchen Sie, mit der angefeuchteten Fingerspitze nur die größten Kristalle herauszufischen. Geschmack?

In einer Hälfte der Petrischale sollten sich nach erfolgreichem Schwenken eher die kleinen Kristalle befinden. Machen Sie den Fingerspitzen-Test. Geschmack?

Zur Interpretation ziehen Sie die Inhaltsstoff-Deklaration auf der 10er-Packung mit heran.

Falls Zitronensäure deklariert wurde: fischen Sie unter der Lupe die Kristalle mit dem farbigen Belag heraus und probieren Sie.

Beobachtung 1: Ersichtlich sind drei Komponenten: große farblose, kleine weiße bis braune und kleine farbige Kristalle.

Die großen Kristalle schmecken süß, die kleinen weißen „unangenehm“ und die bunten sauer.

Deutung 1: Bei den großen Kristallen handelt es sich um Zucker. Die kleinen, unangenehm schmeckenden Kristalle bestehen aus Natriumhydrogencarbonat (NaHCO_3), bei den bunten Kristallen handelt es sich um mit Farbstoff überzogene Säure.

Durchführung 2: In eines der Bechergläser ca. 50 mL Trinkwasser füllen und die andere Hälfte des Brause-Pulvers hineinschütten. Nicht rühren!

Beobachten Sie die Oberfläche.

Beobachtung 2: Farbige Kristalle schwimmen an der Oberfläche, bei Brause-Pulver Himbeer-Geschmack sind zwei Farbstoffe (violett, dunkelblau) erkennbar. Farblose Kristalle sinken auf den Boden.

Deutung 2: Der Farbstoff für einig Brause-Pulver (z. B. Himbeer-Geschmack) besteht aus zwei unterschiedlichen Farbstoffen.

Dadurch wird der Gesamt-Farbeindruck „natürlicher“.

Durchführung 3: Rühren Sie zweimal um, nicht mehr! Nachdem die Gasentwicklung aufgehört hat, dekantieren Sie den Überstand möglichst vollständig und ohne allzu viel Bewegung in das andere Becherglas. Testen Sie den Geschmack in beiden Bechergläsern.

Beobachtung 3: Der Überstand schmeckt sehr sauer, der Rückstand süß.

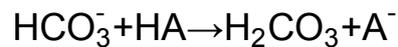
Deutung 3: Im Überstand befindet sich die Säure, der Rückstand besteht aus Zucker.

Entsorgung: E1 (verdünnen und in den Ausguss geben).

Quelle:

- Wagner, W.; Chemie in der Schule 47, 2000, S. 65-72

Hintergrund: Brause-Pulver ist eine pulvrige Mischung aus Zucker, Säure (Wein- oder Zitronensäure) und Natriumhydrogencarbonat. Hinzu kommen Aromen und Farbstoffe. Beim Auflösen in Wasser brausen die Brause-Pulver stark auf, da die organischen Säuren aus Natriumhydrogencarbonat Kohlendioxid entwickeln: die feste organischen Säure HA reagiert mit dem Anion des Natriumhydrogencarbonats in einer Säure/Base-Reaktion zu Kohlensäure, diese zerfällt in einem zweiten Schritt zu Kohlendioxid und Wasser:



Das Verhältnis ist so zusammengestellt, dass nach erfolgter Reaktion am Ende im Wasser ein Säure-Überschuss verbleibt. Dadurch wird das Auftreten von laugigem Carbonat-Geschmack vermieden. Bei den Aromen handelt es sich um keine Feststoffe. Warum aber ist das Brause-Pulver in fester Form erhältlich?

Die Aroma-Stoffe werden von Maltodextrin-Körnchen adsorbiert.

5.4 Herstellung eines Brause-Getränks

Zeitbedarf: 10 Minuten

Kompetenz/Ziel:

F: Säure-Wirkung, Kohlenstoffdioxid, Kohlensäure und Carbonate, organische und mehrbasige Säuren (Zitronensäure, Weinsäure)

E, B: Säuren, Aromen und ihre Wirkung auf den Geschmack

Material:

- *Becher- oder Trinkglas, 150 mL*
- *Glasstab*
- Wägeschale
- Waage, 00,00g
- *Teelöffel*

Chemikalien:

- *Lebensmittel-Farben*
- *Frucht-Aromen oder Himbeer-Sirup, Frusip*
- *Saccharose*
(Puderzucker)
CAS-Nr.: 57-50-1
- *Natriumhydrogencarbonat*
CAS-Nr.: 144-55-8
- *Weinsäure* E334
Ph.Eur.
CAS-Nr.: 87-69-4
 Gefahr
H318
P280, P305+P351+P338

Vorbereitung: *Trink-Wasser in erforderlicher Menge im Kühlschrank vorkühlen.*

Durchführung: In der Wägeschale werden 1,4 g Weinsäure, 1,1 g Natriumhydrogencarbonat und 9,5 g Puderzucker eingewogen.

In das Becherglas 100 mL Trink-Wasser (kalt), 4-5 Tropfen Aroma (oder einen Schuss Sirup) und 1-2 Tropfen Lebensmittel-Farbe durch Rühren vermischen.

Dann die Feststoffe zugeben. Vorsicht: schäumt bei Sirup.

Umrühren, fertig 😊.

Beobachtung: Im Wasser entsteht ein Gas, von dem ein Teil als Blasen in die Luft entweicht.

Deutung: Beim Gas handelt es sich um Kohlenstoffdioxid.

Wenn die Löslichkeit im Wasser überschritten ist, wird es an die Luft freigesetzt.

Löslichkeit: 88 mL CO₂ / 100 mL Wasser bei 20°C.

Aufgabe: Berechnen Sie die Masse der Weinsäure, die man für die Umsetzung mit 1,1 g Natriumhydrogencarbonat benötigt.

Gehen Sie davon aus, dass von der Weinsäure beide Protonen reagieren.

Stimmt Ihr Ergebnis mit der o. a. Rezeptur überein?

Lösung:

$$M_{(\text{Weinsäure})} = 150 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \quad M_{(\text{NaHCO}_3)} = 84 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$$

$$n = \frac{m}{M}$$

$$n_{\text{NaHCO}_3} = \frac{1,1 \text{g}}{84 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 0,013 \text{mol}$$

$$n_{(\text{Weinsäure})} = \frac{1}{2} n_{\text{NaHCO}_3} = 0,0065 \text{mol}$$

$$m = n \cdot M$$

$$m_{(\text{Weinsäure})} = 0,0065 \text{mol} \cdot 150 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 0,975 \text{g}$$

Tatsächlich werden aber 1,4 g Weinsäure eingesetzt – 0,4 g bleiben übrig für den „fruchtigen“ Geschmack des Brause-Getränkes.

Entsorgung: Oral

Literatur:

- Täufel, A./Tunger, L./Zobel, M.: Lebensmittellexikon, VEB Fachbuchverlag, Leipzig 1979, S. 141
- Osterroth, D.: Taschenbuch für Lebensmittelchemiker und –Technologen, Springer, Berlin 1991

5.5 Isomalt-Lutscher [nach 11 und 12]

Zeitbedarf: 20 Minuten

Ziel: Eigene Herstellung von Lutschern mit Zucker-Austauschstoff Isomalt

Material:

- Magnetrührer, heizbar
- *Edelstahl-Topf, d < 170 mm*
- *Thermometer, T > 150°C*
- *Backpapier*
- *Waage, 000,0 g*
- *Glasstab*
- *Teelöffel*
- *Holz-Stäbchen (z. B. Zahnstocher als Lutscher-Stiele)*
- *Zierband*
- *Geschenk-Folie, Transparent*

„Chemikalien“:

- *Isomalt*
 - *Frucht-Aromen*
 - *Lebensmittel-Farben*
 - *Äpfelsäure E296*
Ph.Eur.
CAS-Nr.: 6915-15-7
 Achtung
H319
P280, P337+P313, P305+P351+P338
 - *Zitronensäure E330*
Ph.Eur.
CAS-Nr.: 77-92-9
 Achtung
H319
P280, P337+P313, P305+P351+P338
- Eventuell:
- *Nescafé*
 - *Sahne*
 - *Vanillin-Zucker*

Durchführung: 100 g Isomalt im Edelstahl-Topf auf dem Magnetrührer, höchste Stufe, schmelzen (Schmelz-Bereich 145-150°C).

Für Frucht-Lutscher 1-2 Teelöffel säure (je nach gewünschtem Säure-Grad, aber nicht Probieren, sehr heiß) dazu rühren, etwas erkalten lassen (110-120°C), dann erst 2-5 Tropfen Farbstoff und 3-8 Tropfen Aroma hinzugeben.

Für Kaffee-Lutscher:

1,2-3 g Nescafé und 5 g Vanillin-Zucker in 5 g Sahne lösen und mit dem Isomalt verrühren.

In kleineren Portionen auf Back-Papier gießen und Stiele sofort, zügig und unter leichter Drehung eindrücken.

Nach dem Erkalten lassen sie sich mit der Folie und dem Band attraktiv einzeln verpacken.

Verpackte Lutscher bald verzehren, kleben sonst an der Verpackung.

Beobachtung: Die Masse erkalte und härtet schnell (>10 Minuten).

Sie lässt sich gut vom Back-Papier lösen, das macht letztere bei etwas Vorsicht wieder verwendbar.

Entsorgung: Oral

Bezugsquellen:

• Aromen:

- Kleine Mengen Omikron (ca. 1,95 €/10 mL):
<https://www.omikron-online.de/#/>
Ananas, Erdbeere, Himbeere, Honig, Orange
- Große Mengen CVB-Aroma (ca. 82,30 €/1000 mL)
https://cbv-aroma.de/epages/2fa09d86-82d5-4795-bde3-ee283e759ec1.sf/de_DE/?ObjectPath=/Shops/2fa09d86-82d5-4795-bde3-ee283e759ec1/Categories/FI%C3%BCssigaromen-1000-ml

• Isomalt:

- Apotheken, Naturdrogerien, Reformhäuser, (ca. 16 €/ kg)
- Pati-Versand (6,98 €/ kg)
https://www.pati-versand.de/torten-kuchen/spezialzucker/?gclid=Cj0KCQjwpPHoBRC3ARIsALfx-JL8MtxnxOmsJmGSFc1X-Hzr81fLAOgO3wuxYjTu9cqDR6SFKdPA0aAm0SEALw_wcB
- Frusip: Natur-Drogerien (Tipp: Probieren Sie „Cola“)

• Rezept:

- nach Jean Pütz, verändert, ergänzt.
- Kaffee-Lutscher und Bertie Botts Bohnen sind Eigenentwicklungen der Didaktik der Chemie, Universität Bayreuth

Hintergrund: Isomalt wird aus Saccharose hergestellt, indem der Fructose-Teil biotechnologisch zum Zucker-Alkohol reduziert wird.

Hinweise:

- Diese Lutscher können einige Tage aufbewahrt werden.
- Im Topf erkaltete Reste lassen sich beim nächsten Ansatz wieder schmelzen
- Vorsicht: evtl. entstehende Grate oder Spitzen sind sehr scharf und können die Zunge beim unvorsichtigem Lutschen verletzen.
- Als besondere Formen lassen sich „Zwei-Händer“ (zwei Stiele) oder Partner-Lutscher (ein Stiel – zwei Lutscher) fertigen
- Bertie Botts Bohnen (Harry Potter) lassen sich in den Geschmacksrichtungen „Nasen-Popel“ (Säure durch etwas Salz ersetzen) oder „Ohren-Schmalz“ (Säure durch etwas Hirschhornsalz und wenig Zucker ersetzen) herstellen.

WWW:

- http://www.isomalt.de/homepage_d.html: ein dt. Hersteller (Palatinit).

5.6 Herstellung von Zucker-Bonbons

Zeitbedarf: Invert-Zucker 60 Minuten (Koch- und Rührzeit) / Bonbons: 30 Minuten

Ziel: Eigene Herstellung einfacher Bonbons auf Zucker-Basis

Grundbegriffe: Saccharose, Kristallisation, Glas, Aromen, Genuss-Säuren

Material:

- Magnetrührer, heizbar
- *Edelstahl-Topf, d= 120-140 mm*
- *Rührstäbchen, -Entferner*
- *Thermometer, T > 150°C*
- *Stativ, Muffe, Klammer*
- *Ess- und Tee-Löffel*
- *Pulver-Spatel*
- *Mess-Zylinder, 50 mL*
- *Waage, 00,00 g*
- *Wägeschalen*
- *Marmor- oder Granit-Platte, ca. 30*30*2 cm*
- *Spachtel*
- *Back-Pinsel*
- *Becherglas, 100 mL, weit*
- *Back-Papier*
- *Schere*
- *Topf-Lappen*
- *Baumwoll-Handschuhe*
- *Nitril-Handschuhe*
- Trockenschrank

„Chemikalien“:

- *Saccharose*
(Haushaltszucker)
CAS-Nr.: 57-50-1
- *Leitungs-Wasser*
- *Lebensmittel-Farben*
- *Frucht-Aromen*
- *Speise-Öl*
(geschmacklos)
- *Saccharose*
(Puderzucker)
CAS-Nr.: 57-50-1
- *Glucose-Sirup* oder
- *Invert-Zucker*
(Herstellung siehe Vorbereitung)
- *Äpfelsäure E296*
Ph.Eur
CAS-Nr.: 6915-15-7
 Achtung
H319
P280, P337+P313, P305+P351+P338
- *Zitronensäure E330*
Ph.Eur.
CAS-Nr.: 77-92-9
 Achtung
H319
P280, P337+P313, P305+P351+P338

Vorbereitung: Stein-Platten im Trocken-Schrank über Nacht auf 80-90°C temperieren.

Herstellung von 30 g Invert-Zucker je Ansatz:

20 g Saccharose mit 10 mL Wasser und einer Spatel-Spitze Weinsäure im Becherglas mischen. Nun auf 70-80°C unter Rühren erwärmen und 30 Minuten lang bei dieser Temperatur reagieren lassen (weiter rühren).

Danach die Weinsäure mit der gleichen Menge Natriumhydrogencarbonat neutralisieren. Vorsicht: Masse schäumt auf. Solange weiter rühren, bis die Masse nicht mehr schäumt. Abkühlen lassen.

Durchführung: 100 g Zucker im Topf mit 40 mL Wasser und 30 g Glucose-Sirup versetzen und unter Rühren so lange erhitzen, bis die Masse 150°C erreicht hat.

Beachten Sie: ab 110°C steigt die Temperatur ziemlich schnell an.

Währenddessen die Stein-Platte mit den Topf-Lappen aus dem Trocken-Schrank nehmen. In das Becherglas ca. 20 mL Öl füllen und daraus am Arbeitsplatz die Stein-Platte komplett und satt besteichen. Bestreichen Sie auch Spachtel und Schere.

Wiegen sie 2 g Säure ab und stellen Sie Farbstoff und Aroma bereit.

Beachten Sie: Nach Erreichen der 150°C Zucker-Masse bis zum Ende sehr schnell arbeiten.

Topf sofort von der Platte nehmen und mittig auf die geölte Stein-Platte gießen. Sofort und zügig die zerfließende Masse mit dem Spatel immer wieder zum Mitte hin heben. Erst Säure, dann 2-5 Tropfen Farbstoff und zuletzt 5-6 Tropfen Aroma mit dem Spachtel einarbeiten.

Baumwoll-Handschuhe und darüber Nitril-Handschuhe anziehen und jetzt Finger einölen.

Bonbon-Masse mit dem Spachtel zu einem Klumpen zusammenschieben, dann mit den behandschuhten Händen zügig mehrmals auseinanderziehen und wieder zusammenlegen, das gibt den Bonbons einen seidigen Glanz.

Dann, immer noch in den Händen, zu einem ca. 1-2 cm dicken Strang formen und mit der Schere nicht allzu große Stücke abschneiden.

Lassen Sie die Stücke auf die Stein-Platte fallen. Handschuhe ausziehen und die Zucker-Stücke zu Kugeln rollen.

Auf dem Back-Papier auskühlen (und damit aushärten) lassen (siehe auch Hinweis 2).

Damit die Bonbons nicht zusammen kleben kann man in einen Gefrierbeutel 1 Esslöffel Puderzucker geben, erkaltete Bonbons hinzu, und schütteln. Nach dem Herausnehmen sind sie mit einem Trennmittel versehen. Im PE-Beutel mitnehmen und oral entsorgen.

Hinweise:

- **Reinigung:**

- Spachtel, Schere, Thermometer in den Topf stellen, diesen mit Wasser füllen und auf dem Magnetrührer erwärmen.
- Stein-Platte mit Spülmittel und warmen Wasser reinigen.

- **Aromen:**

- Kleine Mengen Omikron (ca. 1,95 €/10 mL):
<https://www.omikron-online.de/#/>
Ananas, Erdbeere, Himbeere, Honig, Orange
- Große Mengen CVB-Aroma (ca. 82,30 €/1000 mL)
https://cbv-aroma.de/epages/2fa09d86-82d5-4795-bde3-ee283e759ec1.sf/de_DE/?ObjectPath=/Shops/2fa09d86-82d5-4795-bde3-ee283e759ec1/Categories/FI%C3%BCssigaromen-1000-ml

- Die Bonbon-Herstellung mit Isomalt (anderes Rezept) gelingt sicherer
- Mit transparenter Geschenk-Folie lassen sich die Bonbons attraktiv einzeln verpacken

Entsorgung: oral

5.7 Eiscreme

Eiskrem „Schoko“ nach industriellem Vorbild

Zeitbedarf: ca. 30 Minuten + 20 Minuten Kühlung

Ziel: Emulsion, Fette, Emulgator, Milch, Sahne, Stabilisator

Material:

- Magnetrührer, heizbar
- *Becherglas, 600 mL*
- *Rührstäbchen, -Entferner*
- *Handrührgerät mit Rührbesen*
- *Teigschaber*
- *Thermometer*
- *Waage, 0,00g*
- *kleines Gefäß zum Mischen (z. B. Marmeladen-Glas)*
- *Edelstahl-Gefäß, ca. 1000 mL (Topf)*
- *Styropor-Schachtel*

„Chemikalien“:

- *Vollmilch (H-Milch)*
- *Sahne*
- *Vanillin-Zucker*
- *Saccharose*
(Haushaltszucker)
CAS-Nr.: 57-50-1
- *Kakao-Pulver*
- *ggf. Schoko-Raspeln*
- *Johannisbrotkern-Mehl E410*
- *Magermilch-Pulver*
CAS-Nr.: 68514-61-4
- *Tegomuls (Emulgator)*
- **Natriumchlorid**
Kochsalz
CAS-Nr.: 7647-14-5
- **Eis** (crashed)

Durchführung: Mix: 100 g Milch und 65 g Sahne werden im Becherglas eingewogen.

Im kleinen Gefäß werden 9 g Vanillin-Zucker (1 Päckchen), 4 g Kakao-Pulver, 15 g Zucker, 0,3 g Johannisbrotkern-Mehl, 6,5 g Magermilch-Pulver und 0,8 g Tegomuls eingewogen, verschließen und durch Schütteln gut durchmischen.

Dann mit Hilfe des Rührstäbchens in den Milch-Mix einrühren, wobei auf ca. 70°C erwärmt wird.

Nach Erreichen dieser Temperatur Rührstäbchen entfernen und mit dem Rührgerät auf höchster Stufe ca. 5 Minuten aufschlagen (Temperatur beibehalten).

Anschließend unter ständigem weiterrühren in ein Eis-Bad stellen, bis die Temperatur 10°C erreicht hat.

Nach Erreichen dieser Temperatur den Mix in das Edelstahl-Gefäß gießen und in die mit Kühl-Mischung versetzte Styropor-Schachtel stellen.

Weiter schlagen und beobachten.

Nach Erreichen von ca. 5°C mit dem Teigschaber weiterrühren und später Eis von den Wänden gelegentlich abkratzen.

Gegen Ende des Gefrier-Vorgangs ggf. 1 EL Schoko-Raspeln zugeben.

Kühl-Mischung: Auf ca. 1200 g Eis (crashed) sollten ca. 300 g Kochsalz gestreut werden und gut durchmischen.

Beobachtung: Das Mix-Volumen nimmt im kalten Zustand zu.

Vergleichen Sie mit den Ergebnissen der anderen Gruppen.

Deutung: Die Stabilisator-Lösung (Johannisbrotkern-Mehl) wird erst im kalten Zustand so steif, dass sie Luft-Bläschen fest zu halten vermag.

Entsorgung: Oral

Quelle:

- Didaktik der Chemie, Universität Bayreuth

Hintergrund:

Eiskrem besteht zu etwa 62% aus Wasser, zu 10% aus Milch-Pulver- und Fetten; Sie dienen der Geschmacks-Bestimmung.

Daneben sind ca. 10% Zucker, Zucker-Austauschstoffe und/oder Süß-Stoffe zur Versüßung sowie Aroma-stoffe oder Frucht-Essenzen, die einen frischen Geschmack gewährleisten enthalten (~11%).

Zuletzt besteht Eiskrem zu jeweils etwa 0,3% aus Emulgatoren und Verdickungsmitteln (Stabilisatoren), die eine Stütz-Funktion übernehmen. Bei Letzteren handelt es sich meist um organische, hochpolymere Stoffe, die Flüssigkeiten (i. d. R. Wasser) aufsaugen, dabei aufquellen und schließlich in zähflüssige Lösung übergehen (vgl. Gele).

Eis von führenden Firmen enthält meist Johannisbrotkern-Mehl (JBKM), Guar-kern-Mehl, Alginat und Carrageen.

Grund für den Einsatz: qualitative sensorische Anforderungen durch den Verbraucher.

Eiskrem soll einerseits cremig, jedoch nicht fettig, süß aber nicht zu süß, erfrischend, nicht wässrig und außerdem leicht, nicht butterig-schwer schmecken und zudem nur über einen geringen Brennwert verfügen.

An zweiter Stelle stehen die technologischen Anforderungen durch den Hersteller: Tropf-Festigkeit nach dem Schmelzen. Durch sie wird ein „schmieriges“ Gefühl auf der Zunge verursacht und auf diese Weise ein hoher Fett-Anteil suggeriert.

Deshalb ist eine Reduktion der Fett-Menge nur auf das Nötigste (Brennwert-Senkung) und gleichzeitig eine Verbesserung der Geschmacks-Qualität (Lebensmittel mit hohem Fett-Anteil schmecken „schwer“, z. B. Buttercreme in Torten) möglich.

Man erhält einen leichteren Geschmacks-Eindruck. Außerdem: hohe Lager-Fähigkeit.

Aus diesem Grund sind eine Langzeit-Stabilisierung der O/W-Emulsion, d. h. die Fett-Kügelchen werden klein und vom Wasser getrennt festgehalten, sowie eine Stabilisierung des Dreiphasen-Systems unerlässlich.

Stabilisatoren besitzen ein hohes Wasser-Bindevermögen, so dass ein frischer Geschmack gewährleistet werden kann, binden es aber gleichzeitig in so kleinen Einheiten, dass sich keine wahrnehmbaren Eis-Kristalle bilden können, es entsteht ein cremiger Eindruck.

Eine Stabilisierung des thermolabilen Schaums bzw. der gasförmigen Phase durch Festhalten der Luft-Bläschen, sog. „Aufschlag“ Erwünscht ist ein Aufschlag von 100%, d. h. 1 L Eiskrem sind 500 g Eis-Masse und 500 mL Luft.

Die Einstellung einer gleichförmigen Bläschen-Größe von ca. 100 nm ist wichtig, so entsteht kein gräulicher Farb-Ton durch große Luft-Blasen.

WWW:

- <http://www.markeneis.de>, 18.04.11

5.8 Eiskrem „Schoko“ im Brennwert reduziert

Zeitbedarf: ca. 30 Minuten + 20 Minuten Kühlung

Ziel: Emulsion, Fett-Ersatzstoff, Emulgator, Stabilisator

Material:

- Magnetrührer, heizbar
- *Becherglas, 600 mL*
- *Rührstäbchen, -Entferner*
- *Handrührgerät mit Rührbesen*
- *Teigschaber*
- *Thermometer*
- *Waage, 0,00g*
- *kleines Gefäß zum Mischen (z. B. Marmeladen-Glas)*
- *Edelstahl-Gefäß, ca. 1000 mL (Topf)*
- *Styropor-Schachtel*

„Chemikalien“:

- *Vollmilch (H-Milch)*
- *Sahne*
- *Kakao-Pulver*
- *Saccharose*
(Haushaltszucker)
CAS-Nr.: 57-50-1
- *Inulin*
CAS-Nr.: 9005-80-5
- *Johannisbrotkern-Mehl E410*
- *Magermilch-Pulver*
CAS-Nr.: 68514-61-4
- *Tegomuls (Emulgator)*
- **Natriumchlorid**
Kochsalz
CAS-Nr.: 7647-14-5
- **Eis** (crashed)

Durchführung: Mix: 140g Milch und 22g Sahne werden im Becherglas eingewogen und kurz mit dem Rührgerät aufgeschlagen.

Im kleinen Gefäß werden 4g Kakao-Pulver, 20g Zucker, 0,3g Johannisbrotkern-Mehl, 20g Inulin und 0,8g Tegomuls eingewogen, verschließen und durch Schütteln gut durchmischen.

Dann mit Hilfe des Rührstäbchens in den Milch-Mix einrühren, wobei auf ca. 70°C erwärmt wird.

Nach Erreichen dieser Temperatur Rührstäbchen entfernen und mit dem Rührgerät auf höchster Stufe ca. 5 Minuten aufschlagen (Temperatur beibehalten).

Anschließend unter ständigem weiterrühren in ein Eis-Bad stellen, bis die Temperatur 10°C erreicht hat.

Nach Erreichen dieser Temperatur den Mix in das Edelstahl-Gefäß gießen und in die mit Kühl-Mischung versetzte Styropor-Schachtel stellen.

Weiter schlagen und beobachten.

Nach Erreichen von ca. 5°C mit dem Teigschaber weiterrühren und später Eis von den Wänden gelegentlich abkratzen.

Gegen Ende des Gefrier-Vorgangs ggf. 1 EL Schoko-Raspeln zugeben.

Kühl-Mischung: Auf ca. 1200g Eis (crashed) sollten ca. 300g Kochsalz gestreut werden und gut durchmischen.

Beobachtung: Mix vergrößert im kalten Zustand sein Volumen.

Deutung: Die Stabilisator-Lösung (Johannisbrotkern-Mehl) wird erst im kalten Zustand so steif, dass sie Luft-Bläschen fest zu halten vermag.

Entsorgung: Oral

Quelle:

- Didaktik der Chemie, Universität Bayreuth

Hinweise: Vergleich Zutaten und Geschmack des Produktes mit jenen aus dem Rezept ohne Brennwert-Reduktion

Als Spritz-Schutz kann ein breiter Streifen Alu-Folie, um die Becherglas-Öffnung gelegt, dienen.

WWW:

- <http://www.sportmedinfo.de/Inulin.htm>

5.9 Rezeptanpassung

Erzeugnis	Wasser-Gehalt [%]	Trocken-Masse [%]	Zucker-Gehalt (Mono- und Disaccharide) [%]	Pflanzen-Fett [%]
Erdbeere	90,0	10,0	6,0	-
Haselnüsse	5,0	95,0	-	62,0
Kakao-Pulver, schwach entölt	6,0	94,0	-	25,0
Kakao-Pulver, stark entölt	6,0	94,0		12,0
Kokos-Raspeln	3,5	96,55	-	65,0
Marzipan	9,0	91,0	64,01	18,0
Nougat	1,0	99,0	55,01	35,0

Tab. 1: Zusammensetzung einiger Aroma-Bestandteile [1], 1Gesamt-Kohlenhydrate

Bestandteile	minimaler Gehalt [%]	maximaler Gehalt [%]
Erdbeere	12,0	20,0
Himbeere	8,0	20,0
Kakao-Pulver	1,5	4,0
Kokos-Raspeln	5,0	6,0
Marzipan-Rohmasse	10,0	12,0
Nougat-Rohmasse	10,0	18,0
Nuss-Kerne	8,0	15,0

Tab. 2: Richtwerte für den Einsatz einiger Aroma-Bestandteile in milchhaltigem Speise-Eis [1]

Eiscreme-Komponente	Empfohlener Massen-Anteil [%]
Trocken-Masse	38 - 40
Fett	12
fettfreie Milch-Trockenmasse	10 - 11,5
Zucker	13 - 16
Verdickungsmittel	0,2 - 0,5
Emulgator	0,1 - 0,3

Tab. 3: Richtwerte einiger Speiseeis-Zutaten [1]

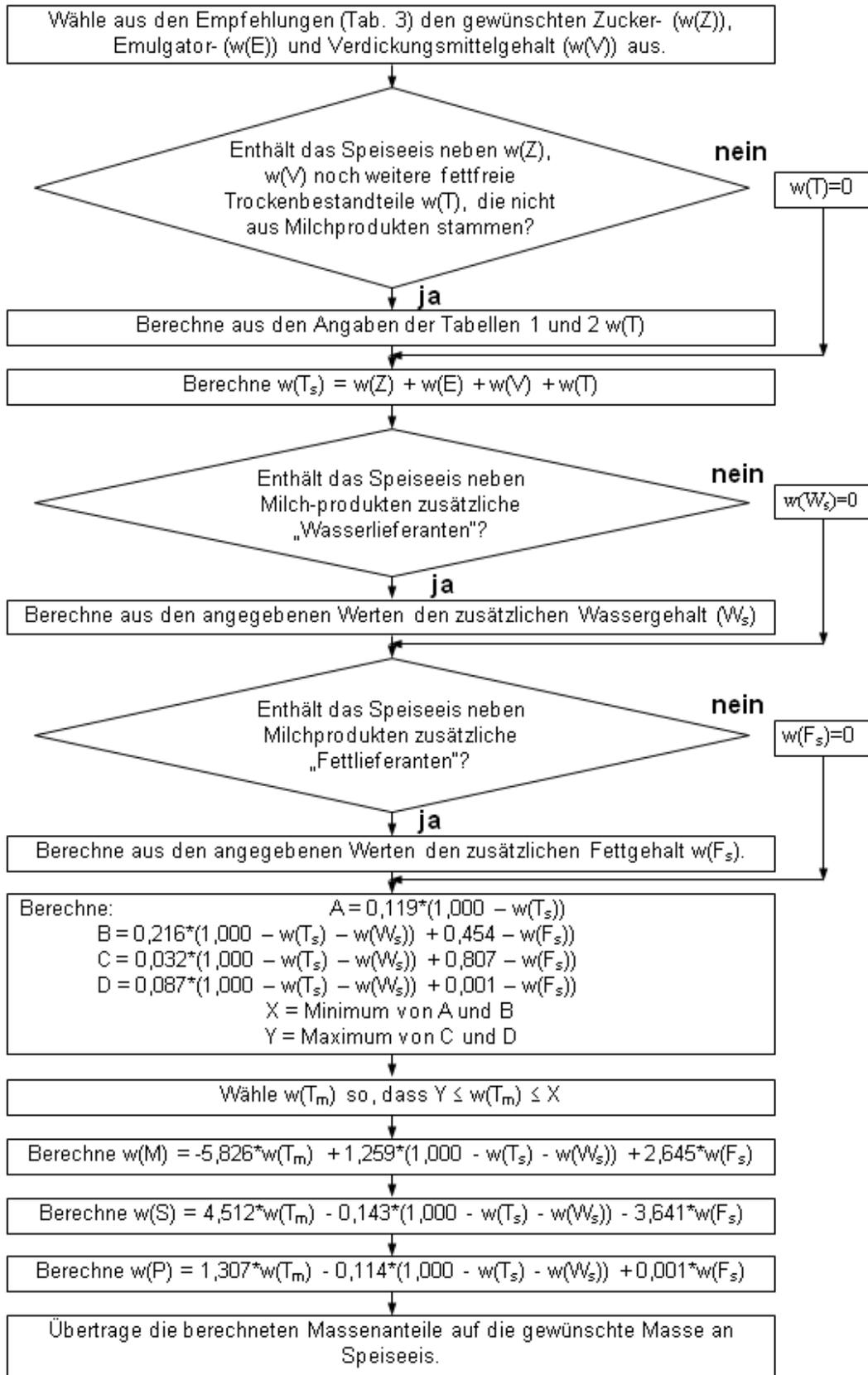
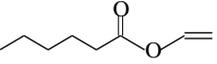
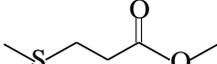
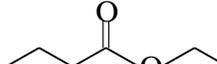
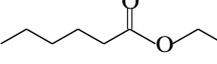


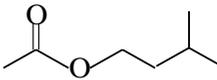
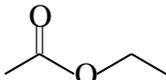
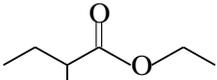
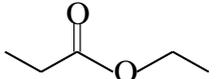
Abb. 16: Flussdiagramm [1]

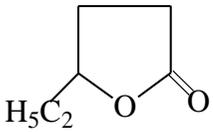
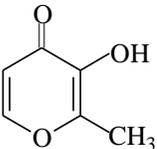
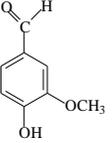
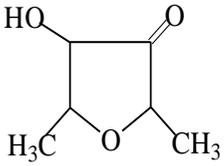
1. Bruischütz, R.: Speiseeis – Technologie und Nutzungspotential im fachübergreifenden Unterricht.
2. Schriftliche Hausarbeit zur Zulassung zum 1. Staatsexamen für Realschulen in Bayern, Bayreuth 1998

5.10 Herstellung von Aromen

5.10.1 Ananas- Aromakomposition „Andrea“

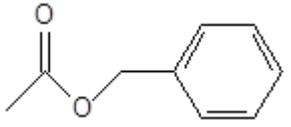
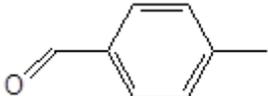
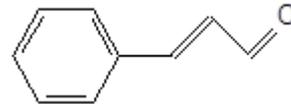
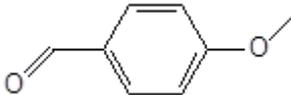
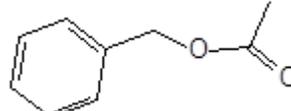
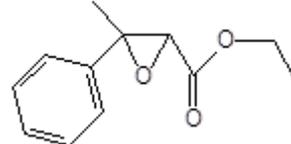
Nr.	Name, CAS-Nr.:		H/P-Sätze	Aroma-wert	w nat. [ppm]	mK* [g]	VK*	Geruch		Bezugsquelle, Preis (2002), Bemerkung
1.	Allylhexanoat 123-68-2	 Gefahr	H301 H311 H411 P273 P280 P302+352	?	>0,000 5	1	1 mL	stark, fruchtig, Ananas		Aldrich W203211 (30€ / 10 mL)
2.	Methyl-(3-methyl-thio- propanoat) = 3-Methylmercapto- propion-säuremeth- ylester 13532-18-8		P260 P262	3,3	0,01- 0,6	0,0 1	1 Tr.**	unange- nehm rettichar- tig		Aldrich W272000 (30€ / 10 mL)
3.	Ethylbutanoat Buttersäureethylester 105-54-4	 Achtung	H226 H315 H319 H335 P210 P280 P313 P305+351+338	92	0,09	0,3	25Tr.	fruchtig mit Ana- nas- Note		selbst her- stellbar Aldrich W242713 (30€ / 10 mL)
4.	Ethylhexanoat Hexansäureethylester 123-66-0	 Achtung	H226 H315 H319 H335 P210 P280 P305+351+338 P313	99	0,04- 0,5	0,1 5	11Tr.	stark fruchtig, mit Ana- nas-Ba- nane- Note		selbst her- stellbar Aldrich W243914 (30€ / 10 mL)

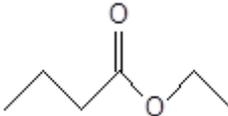
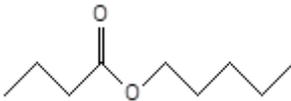
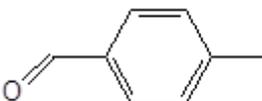
5.	3-Methylbutylethanoat Essigsäure-3-methylbutylester 123-92-2	 Achtung	H226 P210 P233 P240 P241 P242 P243 P280 P303+361+353 P370+378 P403+235 P501	4	0,008	0,2	18Tr.	süßlich, mild fruchtig Ananas- Birne- Note		selbst herstellbar Aldrich W205532 (30€ / 10 mL)
6.	Ethylethanoat Essigsäureethylester 141-78-6	 Achtung	H225 H319 H336 EUH066 P210 P280 P303+361+353 P304+340 P305+351+338 P312 P337+313 P370+378 P403+233 P403+235	101	0,5	0,1	8Tr.	ethe- risch "UHU"		selbst herstellbar Sigma-Aldrich 270989 (46,70€ / 100 mL)
7.	Ethyl-2-methylbutanoat (±)-2-Methylbuttersäureethylester 7452-79-1	 Achtung	H226 P210 P233 P240 P241 P242 P243 P280 P303+361+353 P370+378 P403+235 P501	220	0,07	0,2	19Tr.	mild nach Ap- fel		selbst herstellbar Aldrich W244309 (30€ / 10 mL)
8.	Ethylpropanoat Propionsäureethylester 105-37-3	 Gefahr	H225 P210 P233 P240 P241 P242 P243 P280 P303+361+353 P370+378 P403+235 P501	1,7	0,02	0,2	18Tr.	mild äthe- risch mit Rum- Note		selbst herstellbar Aldrich W245615 (30€ / 10 mL)

9.	4-Hydroxyhexansäure-lacton γ-Caprolacton 695-06-7	 Achtung	H315 H319 H335 P280 P305+351+338 P313	?	0,06-0,12	0,05	4Tr.	mit Nuss-Note		Aldrich W255602 (30€ / 10 mL)
10.	3-Hydroxy-2-methyl-4-pyron Maltol 118-71-8	 Achtung	H302 H315 P280 P281			0,1	große Spatelspitze	süßlich, karamellartig		Aldrich W265624 (30€ / 10 mL)
11.	Vanillin 121-35-5	 Achtung	H302 P261 P264 P270 P271 P280 P301+312 P302+352 P304+340 P322 P330 P363 P501	1	0,023	0,1	große Spatelspitze	süßlich, nach Vanilleschote		Sigma-Aldrich 94752 (39,90€ / 100g)
12.	2,5-Dimethyl-4-hydroxy-3(2H)-furanon Furaneol 3658-77-3	 Achtung	H302 P261 P264 P270 P271 P280 P301+312 P302+352 P304+340 P322 P330 P363 P501	250000	0,7-3,5	0,03	kleine Spatelspitze	säuerlich-brenzlig, stark verbrannter Zucker		Aldrich W317403 (Kühlschrank 4°C) (30€ / 10 mL)
13.	Orangenöl, süß			?		0,15	13Tr.	Orange		Apotheken, (3€/5 mL)
14.	Ethanol 96% 64-17-5	 Achtung	H225 P210 P233 P240 P241	0,002	0,2	5	6 mL	„Alkohol“		Apotheken, Merk 100971

		Gefahr	P242 P243 P280 P303+361+353 P370+378 P403+235 P501							(55€/1000 m L)
15	Propylenglycol 1,2-Propandiol 57-55-6			?		4	4 mL	schwach spiritus- artig		Apotheken Fluka 82280 (8€/250 mL)

5.10.2 Kirsch-Aromakomposition „Leo“

Nr.	Name, CAS-Nr.:		H/P-Sätze	mK* [g]	VK*		Bezugsquelle, Preis (2002), Bemerkung
1.	Anisylacetat 104-21-2		P101 P260 P301+330+331 P302+352 P304+340 P305+351+338 P403+233	0,06	3Tr.		Aldrich W209890 (40€ / 10 mL)
2.	Benzaldehyd 100-52-7	 Achtung	H302 P261 P264 P270 P271 P280 P301+312 P302+352 P304+340 P322 P330 P363 P501	1	1 mL		Aldrich W212709 (30€ / 10 mL)
3.	trans-Zimtaldehyd 14371-10-9	 Achtung	H315 H317 H319 H335 P280 P281 P305+351+338 P313	0,1	3Tr.		Aldrich W228605 (30€ / 10 mL)
4.	Anisaldehyd 4-Methoxybenzaldehyd 123-11-5	 Achtung	H302 H315 H319 H335 280 P305+351+338 P313	0,09	4Tr.		Aldrich W267007 (30€ / 10 mL)
5.	Ethylheptanoat Heptansäureethylester 106-30-9			0,13	10Tr.		Aldrich W243701 (30€ / 10 mL)
6.	Benzylacetat Essigsäurebenzylester 140-11-4	 Achtung	H315 H319 H335 P305+351+338 P313	0,16	8Tr.		Aldrich W213500 (30€ / 10 mL)
7.	Ethyl-3-methyl-3-phenylglycidat 77-83-8			0,25	13Tr.		Aldrich W244406 (30€ / 10 mL)

8.	Ethylbutyrat Buttersäureethylester 105-54-4	 Achtung	H226 H315 H319 H335 P210 P280 P305+351+338 P313	0,37	30Tr.		Aldrich W242705 (30€ / 10 mL)
9.	Amylbutyrat Buttersäureamylester 540-18-1	 Achtung	H315 H319 H335 P101 P261 P301+330+331 P302+352 P304+340 P305+351+338	0,5	35Tr.		Aldrich W205915 (30€ / 10 mL)
10.	Tolylaldehyd 4-Methylbenzaldehyd 104-87-0	 Achtung	H302 H315 H319 H335 P280 P305+351+338 P313	0,1	4Tr.		Aldrich W30680-0 (52,00€ / 1Kg)
11.	Vanillin 121-35-5	 Achtung	H302 P261 P264 P270 P271 P280 P301+312 P302+352 P304+340 P322 P330 P363 P501	0,1	große Spa- tel- Spitze		Sigma-Aldrich 94752 (39,90€ / 100g)
14.	Ethanol 96% 64-17-5	 Gefahr	H225 P210 P233 P240 P241 P242 P243 P280 P303+361+353 P370+378 P403+235 P501	5	6 mL		Apotheken, Merk 100971 (55€/1000 mL)
15.	Propylenglycol 1,2-Propandiol 57-55-6			4	4 mL		Apotheken Fluka 82280 (8€/250 mL)

5.11 Herstellung von Fruchtgummi „Gummibären“ mit Gelatine

Kompetenz/Ziel:

F: Saure Hydrolyse von Kohlenhydraten und Proteinen, Neutralisation.

B: Ergebnisse beim Färben und Aromatisieren von Lebensmitteln.

Material:

- Magnetrührer, heizbar
- *Magnet-Rührstäbchen, -Entferner*
- *2 Bechergläser, 250 mL*
- *Becherglas, 400 mL*
- *Glasstab*
- *Spatel*
- *Thermometer, $T > 120^{\circ}\text{C}$*
- *ggf. Wasserbad*
- *Ess-Löffel*
- *Mess-Zylinder*
- *Alu-Folie*
- *Stärke-Bett (feinste Mais-Stärke im Back-Blech)*
- *Stempel (Gieß-Vorlagen für Fruchtgummis)*
- *ggf. Pinzette*

Zutaten:

- **Saccharose**
(Haushaltszucker)
CAS-Nr.: 57-50-1
- **Gelatine**
CAS-Nr.: 9000-70-8
- **Weinsäure E334**
Ph.Eur.
CAS-Nr.: 87-69-4
-  **Gefahr**
H318
P280, P305+P351+P338
- **Äpfelsäure E296**
Ph.Eur
CAS-Nr.: 6915-15-7
-  **Achtung**
H319
P280, P337+P313, P305+P351+P338
- **Lebensmittel-Farben**
- **Frucht-Aromen**

Herstellung von Invertzucker: 67 g Saccharose und eine Spatel-Spitze Weinsäure werden in einem 250 mL-Becherglas mit 33 mL Wasser vermischt und auf den heizbaren Magnetrührer auf ca. 75°C erhitzt; dies kann bis zu 30 Minuten dauern.

Das Becherglas wird mit Alu-Folie abgedeckt und bis zur Gummibären-Produktion aufgehoben (Haltbarkeit: mind. 4 Wochen).

Herstellung Zucker-Lösung: Ins zweite 250 mL-Becherglas 80 g Saccharose einwiegen, 25 mL Wasser zugeben und solange kochen, bis die Temperatur der Lösung genau 115°C beträgt. Sofort von der Platte nehmen.

Eigentliche Fruchtgummi-Produktion: Im 400 mL-Becherglas 30 g Gelatine einwiegen und mit 50 mL Wasser verrühren bis die gesamte Gelatine durchfeuchtet ist.

15 Minuten quellen lassen.

Jetzt die Gelatine vorsichtig (brennt schnell an) unter Rühren auf der heißen Platte schmelzen, die Temperatur darf 75°C nicht überschreiten (bei ungeübten oder ungeduldgigen Lernenden besser ein Wasserbad verwenden).

Nun erst den Invertzucker, dann die Zucker-Lösung zur Gelatine gießen und mit dem Glasstab gut durchmischen.

Nun beginnt die Aromatisierung der Fruchtgummi-Masse, d. h. ab hier muss immer wieder abgeschmeckt werden (Das Aroma schmeckt in der warmen Masse intensiver als später im Produkt):

Erst mit 5 Tropfen Aroma versetzen, dann portionsweise Äpfelsäure zugeben und dazwischen stets probieren, Dann den Rest Aroma zugeben (siehe folgende Tabelle).

	Aroma, Volumen*	Äpfelsäure, Masse
Kirsche	20 Tropfen	5,5 g
Zitrone	2 mL	8,0 g
Ananas	30 Tropfen	5,5 g
Erdbeere	10 Tropfen	4,5 g
Himbeere	20 Tropfen	5,5 g
Pflaume	30 Tropfen	5,5 g
Aprikose	40 Tropfen	6,0 g

**Dosierung hängt ab vom sauren Charakter der natürlichen Frucht und von persönlichen Vorlieben sowie von der Konzentration und der Sorte (Hersteller, Produkt) des verwendeten Aromas. Die hier angegebenen Mengen gelten für natürlichen Geschmack und Produkte der Firma Symrise, bei Zitrone für Back-Aroma.*

Zum Schluss mit 1-3 Tropfen Lebensmittel-Farbe färben. Die Masse nun einige Minuten warm ruhen lassen und entstehenden Schaum mit einem Löffel abschöpfen.

Stärke-Bett: Ein Back-Blech wird mit Stärke befüllt und mit einer Streich-Leiste so verteilt, dass sich eine glatte Oberfläche bildet, die mit der Blech-Kante abschließt.

Ggf. muss Stärke nachgefüllt werden, nie festdrücken.

Nun werden mit einer Pinzette handelsübliche Gummibären oder mit der Hand andere Stempel vorsichtig in die Stärke eingedrückt. Der Abstand sollte so gewählt werden, dass die einzelnen Vertiefungen gerade nicht einfallen.

Die warme Masse wird nun in die Abdrücke in der Stärke gegossen (Becherglas mit „Bärchen-Masse“, evtl. in Gefäß mit warmen Wasser lagern, da sie sehr schnell erkaltet und härtet). Die Masse kann durch einen Glas-Trichter oder, für Geübte, entlang eines Glasstabes in die Formen gegossen werden.

Hinweis 1: Als Formen eignen sich für erste Versuche auch Milka-Herzen-Packungen, beschichtete Back-Formen oder Wachsgieß-Formen aus dem Bastel-Bedarf.

Hinweis 2: Invertzucker kann man auch im Lebensmittelhandel erwerben. Die Produkte sind Sirup artig bis feucht-kristallin, aber honigfarben bis dunkelbraun, so dass helle Farben nicht mehr zu realisieren sind.

Beobachtung: Die Zugabe von Aroma erscheint ohne Säure wenig wirkungsvoll, da die Masse süß und fade schmeckt. Erst durch die Säure wird das Aroma geschmacklich wahrnehmbar. Die Geschmack-Intensität kann also erst nach Säure-Zugabe beurteilt werden.

Nach 2-12 Stunden sind die Fruchtgummis ausgehärtet und können mit den Fingern oder einer Pinzette aus dem Stärke-Bett geholt werden. Um die Stärke abzubekommen legen Sie die Bärchen am besten in ein Sieb und pusten die Stärke (evtl. mit Druck-Luft) ab.

Denken Sie jedoch daran die Gummibären mit wenig Stärke bestäubt zu lassen – die Stärke dient als Trenn-Mittel.

Haltbarkeit: mind. 3 Monate, ohne auszutrocknen.

Deutung: Der fruchtige Geschmack ist Ergebnis der Kombination Säure und Aroma, wobei die Säure die bedeutendere Rolle spielt.

Auch die Farbe des Fruchtgummis spielt eine Rolle bei der Geschmackswahrnehmung, da man mit bestimmten Farben automatisch bestimmte Geschmacksrichtungen verbindet (rot z. B. mit Erdbeer-Geschmack).

Entsorgung: Oral

Quelle:

- Aromen:
 - Kleine Mengen: Omikron (ca. 1,95€/10mL)
<https://www.omikron-online.de/#/>
Ananas, Erdbeere, Himbeere, Honig, Orange
 - Große Mengen: CVB-Aroma (ca. 82,30€/1000mL)
https://cbv-aroma.de/epages/2fa09d86-82d5-4795-bde3-ee283e759ec1.sf/de_DE/?ObjectPath=/Shops/2fa09d86-82d5-4795-bde3-ee283e759ec1/Categories/FI%C3%BCssigaromen-1000-ml
 - Supermärkte in Österreich:
Birne, Aprikose, Himbeere, Erdbeere, Pflaume
 - Zitrone: Back-Aroma
- Gelatine:
 - Metzgereibedarf, Metzgerei-Genossenschaft, ggf. Großhandel (ca. 12€/ kg; je nach Bloom-Zahl = Farbreinheit)

Hintergrund:

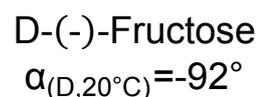
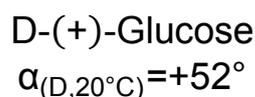
- **Invert-Zucker:**

Eine Saccharose-Lösung dreht die Ebene polarisierten Lichtes nach rechts:

$$\alpha_{(D,20^{\circ}C)} = +66,5^{\circ}$$

Nach Kochen mit verdünnten Säuren wird die Saccharose hydrolytisch gespalten.

In der Lösung liegen dann



als äquimolares Gemisch vor.

Diese Lösung dreht die Ebene polarisierten Lichtes nach links, es hat bzgl. der Dreh-Richtung eine Inversion stattgefunden.

Das so entstandene Glucose/Fructose-Gemisch bezeichnet man als Invert-Zucker.

- **Aromen:**

- Natürliche Aroma-Stoffe:
aus pflanzlichen oder tierischen Rohstoffen gewonnene Extrakte.
- Künstliche Aroma-Stoffe:
besitzen i. d. Natur keine strukturelle oder aromawirksame Entsprechung
- Naturidentische Aroma-Stoffe:
chemisch synthetisierte Aromen, die den Natürlichen chemisch gleich sind.

- **Trenn-Mittel:**

Trenn-Mittel sind feste oder flüssige Stoffe, die die Adhäsionskräfte zwischen zwei aneinandergrenzenden Oberflächen durch Bildung eines leicht trennbaren Films verringern.

Bei Lebensmitteln v. a. natürliche Öle und Fette sowie Überzüge aus Wachsen.

- **Temperatur-Grenzen bei Zucker und Gelatine-Lösungen:**

Durch die Koch-Temperatur einer Zucker-Lösung lässt sich der Trockenmasse-Anteil einstellen.

Bei Gelatine ist zu bedenken, dass sie als Polypeptid beim Erhitzen unter Säure-Anwesenheit der Sauren Hydrolyse unterliegt.

Die langen Ketten werden aufgebrochen und die Eigenschaft der Gelatine in Lösung gallertartig zu erstarren wird stark vermindert.

Didaktische Hinweise:

- Diskutieren Sie die Bedeutung von Sicherheitssymbolen und ihrer Reichweite vom Reinstoff bis zum eingesetzten Massen-Anteil
- Legen Sie Wert auf die geschmackliche Erfahrung der Wirkung der Zutaten (Wechsel-Wirkung (!) Aroma und Säure)
- Weisen Sie auf die technologische Lösung des Problems hin:
Wie formt man eine so stark klebrige Masse?
- Diskutieren Sie die optische Wirkung des „Trenn-Mittels“ Bienenwachs
- Stellen Sie asynchrone Gummibärchen her:
rote die nach Zitrone schmecken, gelbe mit Himbeer- oder Erdbeer-Geschmack.
Testen Sie damit Kollegen, Lernende und Eltern
- Probieren Sie :
ungewöhnliche **Geschmacksrichtungen:** Vanille, Kaffee, Pfefferminz
Farben: Blau, violett, türkis, rosa
Formen: Hand-Abdruck, Schlangen-Linien, Alltagsgegenstände.

Die besten WWW-Links:

- <https://www.haribo.com/deDE/startseite.html>, 29.09.2003.
Produktbeschreibung, News, Bewertungsbogen
- http://www.nolte-net.de/de/article/news_gummibaer.html, 06.02.2004.
Zoologie der Gummibärchen, Systematik der "Gelatina", Uni Münster.
- <https://www.psychologie.uni-heidelberg.de/ae/allg/forschun/gb/index.html>,
Stand 27.09.2019

5.12 Reinstoff und Gemisch

Zeitbedarf: 30 Minuten, Lernende

Kompetenz/Ziel:

F: Rundfilter-Methode der Papier-Chromatographie.

E: Unterscheidung von Mischen und Reagieren.

Material:

- Petrischale
- Schere
- 2 Reagenzgläser, d= 10 mm
- 4 Pasteur-Pipetten, Hütchen
- 2 Uhrgläser
- Folienstift, schwarz, permanent
- 2 Rundfilter

Chemikalien:

- **Kaliumhexacyanoferrat(II)-Lösung**
c= 0,1mol/L
CAS-Nr.: 13943-58-3

- **Essigsäure**
w= 5%
CAS-Nr.: 64-19-7

- **Eisen(III)-chlorid-Lösung**
c= 0,1mol/L
CAS-Nr.: 7705-08-0



Achtung

H317, H319
P280, P302+P352, P305+P351+P338

- **Brillantgrün (s)**
CAS-Nr.: 633-03-4, C.I. 42010



Achtung

H302, H319
P305+P351+P338

- **Spiritus (Ethanol)**
CAS-Nr.: 64-17-5



Gefahr

H225, H319
P210, P240, P305+P351+P338,
P403+P233

- **Kristallviolett (s)**
CAS-Nr.: 548-62-9



Gefahr

H351, H302, H318, H410
P280, P305+P351+P338, P308+P313

Vorbereitung durch den Lehrenden: Im Reagenzglas: Die Brillantgrün-Lösung in 1 mL Wasser ansetzen, Kistallviolett in 1 mL Spiritus lösen.

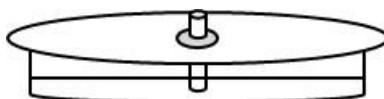
Jeweils sehr wenig Substanz verwenden (ca. 1mg!).

Vorbereitung durch die Lernenden: Etwa in die Mitte des Rund-Filters ein ca. 1 cm durchmessendes Loch anbringen (Wettbewerb: Wie macht man das am besten?)

Aus einem 2-3 cm breiten Streifen des anderen Rund-Filters ein Röllchen formen und als Docht durch das Loch stecken.

Petrischale zur Hälfte mit Laufmittel (Essigsäure) füllen.

Durchführung:



Tragen Sie zur Trennung im Kreis um das Loch herum Flecken der folgenden Stoffe mit den Pasteur-Pipetten auf:

- schwarzer Foliestift
- Brillantgrün-Lösung
- Kristallviolett-Lösung
- Gemisch aus grüner und violetter Farbstoff-Lösung (mischen auf dem Uhr-
glas bis diese blau erscheint)
- Kaliumhexacyanoferrat(II)-Lösung
- Eisen(III)-chlorid-Lösung
- Gemisch aus den Lösungen 5 und 6 (auf dem Uhrglas mischen: je 1 Tropfen
von jeder Lösung)

Beobachtung:

Nach 5-10 Minuten:

- 1) läuft nicht mit
- 2) und 3) laufen so weit wie die Komponenten aus Gemisch 4)
- 5) und 6) laufen einzeln
- 7) wird nicht aufgetrennt

Deutung:

- 1) wird nicht transportiert
 - 4) ist ein trennbares Gemisch aus 2) und 3)
- Bei 7) ist ein neuer Stoff aus den beiden Edukten 5) und 6) entstanden

Entsorgung: E3, E1

Quelle:

- Wagner, W.: ChidS 9, 1997, 324-344

Diskussion:

- Vorstellung Lernender von Mischung und Reaktion
- Was sagt die Farbenlehre?
- grün + violett → blau
- gelb + gelb → blau?
- Methodik der Chemie

5.13 Emulsionen

Zeitbedarf: 10 Minuten

Ziel: Charakterisierung des Emulsions-Typs von hydro- bzw. lipophilen Substanzen

Material:

- 4 Uhrgläser, d= 80mm
- 2 Glasstäbe
- Spatel
- Tee-Löffel
- Reagenzglas, d= 18mm
- Reagenzglas-Gestell
- Stopfen, 14*18*20 mm

Chemikalien:

- *Eiskrem*
- *Butter*
- *Speise-Öl*
- **Sudan-III**
CAS-Nr.: 85-86-9
Darf an Schulen nicht verwendet werden
- **Methylenblau**
CAS-Nr.: 61-73-4
 Achtung
H302
P301+P312+P330

Durchführung 1: Auf je 2 Uhrgläser mit dem Tee-Löffel je ein halberbsengroßes Stückchen Butter bzw. Eiskrem verstreichen.

Mit dem Spatel wenige Kristalle Sudan-III bzw. Methylenblau auf die Proben streuen.

Nach ca. 2-3 Minuten mit dem Glasstab verrühren

Beobachtung 1: Die Eiskrem wird durch das Methylenblau angefärbt, in der Butter bleibt es körnig.

Die Butter wird durch das Sudan-III rot gefärbt.

Deutung 1: Durch das unterschiedliche Löse-Verhalten von Methylenblau und Sudan-III lassen sich verschiedene Emulsions-Typen voneinander unterscheiden.

Da nur die Matrix (Dispersions-Phase) der jeweiligen Emulsion angefärbt wird nun nicht die in ihr fein verteilten Tröpfchen kann entschieden werden, ob es sich um eine O/W- oder eine W/O-Emulsion handelt.

Durchführung 2: In das Reagenzglas ca. 5 mL Wasser füllen und darauf ca. 5 mL Speise-Öl gießen.

Dann mit dem Spatel wenige Kristalle Sudan-III und Methylenblau dazugeben.

Reagenzglas verschließen und kräftig schütteln.

Ca. 5 Minuten ruhen lassen und beobachten.

Beobachtung 2: Methylenblau löst sich in der Wasser-Phase.

Sudan-III löst sich in der Öl-Phase

Deutung 2: Das unterschiedliche Löse-Verhalten der Farbstoffe wird ausgenutzt, um zu zeigen, welche Phase die Matrix bildet.

Nur die Matrix wird angefärbt, die Tröpfchen darin nicht.

Bei Butter handelt es sich als um eine W/O-, bei Eiskrem und eine O/W-Emulsion.

Entsorgung: Butter und Eiskrem abwischen: **E3** / Reagenzglas-Inhalt: **E10**

Quelle:

- Schriftliche Hausarbeit Regina Bruischütz: Speiseeis-Technologie, Universität Bayreuth, 1997

Hintergrund: Eine Emulsion kann allgemein als fein verteiltes Gemisch von zwei normalerweise nicht mischbaren Flüssigkeiten bezeichnet werden.

Sie besteht aus einer äußeren (Dispersions-) und einer inneren (dispersen) Phase. Die Abkürzungen W/O- bzw. O/W-Emulsion sagen aus welche Flüssigkeit die inneren und welche die äußere Phase bildet, wobei der erste Buchstabe die innere Phase angibt. Z. B. ist Butter eine W/O-Emulsion: Wasser in Öl, Milch ist eine O/W-Emulsion: Öl in Wasser.

In solchen Emulsionen bestehen große Grenz-Flächen zwischen den zwei Phasen, dadurch entstehen hohe Grenzflächen-Energien. Hohe „freie“ Energien sind thermodynamisch eher ungünstig und daher instabil. Aufgrund dieser Tatsache gibt man zu Emulsionen Stabilisatoren (Emulgatoren, Tenside, ...), die durch ihr lipophil- und ihr hydrophiles Ende die Grenzflächen verkleinern.

Es gibt noch multiple Emulsionen (W/O/W bzw. O/W/O)

Didaktischer Hinweis: Je nach didaktischer Absicht kann Durchführung 2 vor Durchführung 1 sinnvoll sein

WWW:

- <http://de.wikipedia.org/wiki/Emulsion>
- <http://www.lebensmittellexikon.de/e0000190.php>, 18.04.2011

6 Quellenverzeichnis:

- 1 BLK – Materialien zur Bildungsplanung und zur Forschungsförderung; Heft 60: Gutachten zur Vorbereitung des Programms „Steigerung der Effizienz des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts“, Bonn 1997.
- 2 Schorch, G.; Wagner, W. in: Konkrete Fachdidaktik Chemie, Oldenbourg, München 2002.
- 3 -, eigene Befragung, nicht publiziert.
- 4 NiU-Chemie, Heft 33, 1996. Mehrere Beiträge. Themenheft.
- 5 Rütten, D.; Baumann, P.: Schülerversuche Chemie – Lebensmittelchemie, PHYWE, Göttingen, o.J.. und: Haas, P.: Farbstoffe in Lebensmitteln und Pflanzen; Experimentierset mit Begleittext. Hedinger, Stuttgart, o.J.
- 6 Ledig, M.; Wittge, G.: zwei Beiträge in NiU-Chemie, Heft 23, 1994. 7-12, 14-17.
- 7 Wenck, H. et. Al.: Schulchemische Eisenbestimmung. In PdN-Ch. Heft 8, 1991, 22-26.
- 8 Recherche über <http://www.google.com/>, 02.01.2002
- 9 Selbstdarstellung der Verbände unter <http://213.83.6.154/Open.asp?Portal=2&DokNr=63171> (VCI, 02.01.2002) und <http://www.bve-online.de/home/index.html> (BVE, 02.01.2002)
- 10 Pütz, J.; Niklas, Chr.: Cremes und sanfte Seifen. vgs, Köln 1986.
- 11 Pütz, J.; Niklas, Chr.: Süßigkeiten mit und ohne Zucker. vgs, Köln 1989.
- 12 Pütz, J.; Niklas, Chr.: Süßigkeiten und Gebäck. vgs, Köln 1997.
- 13 Pütz, J.; Niklas, Chr.: Fruchtig frisch mit Frusip's. vgs, Köln 1997.
- 14 BLL Schriftenreihe: Richtlinien für Zuckerwaren, Bd. 123, 1995.
- 15 Schormüller, J.: Handbuch der Lebensmittelchemie, Bd. V/I, 1967, 711-737.
- 16 Masi, T.; Wagner, W.: Wursttechnologie. In NiU-Chemie, Heft 1/1999, 12-16.
- 17 Töth, L., Die Fleischwirtschaft, 1982, 62, 1256-1263
- 18 G. Gantner, Zeitschrift für Lebensmitteluntersuchung und -forschung, 1959/1960, 111, 277-281.
- 19 W. Arneht, Institut für Chemie und Physik der BAFF, persönliche Mitteilung, 1995.
- 20 R. Hamm, Die Fleischwirtschaft, 1975, 55, 1415-1418.
- 21 F. Wirth, Die Fleischwirtschaft, 1977, 57, 885-893.
- 22 <http://www.allok.com/>, 21.01.2002
- 23 Öko-Gourmet-Metzger, Bayreuth; persönliche Mitteilung, April 1995.
- 24 Wagner, W.: Genussmittel herstellen – praktische Lebensmittelchemie für Schülerübungen. In Chemie in der Schule, Heft 2/2000, 65-72.
- 25 <http://www.frigeo.de/> vom 03.01.2002.
- 26 Daffertshofer, G.: Die Herstellung von Brausekomprimaten, Kakao und Zucker 25, 1973, 65 - 56.
- 27 Wagner, W.: Erstbegegnung mit dem Fach Chemie. In PdN-Chemie, Heft 3/2001, 2-4.
- 28 <http://www.uni-bayreuth.de/departments/didaktikchemie/umat/erstbegeg/erstbegegnung.htm>
- 29 Andersen, G.: 300.000t Bonbons. In: NiU-Chemie, Heft 1/1999, 38-42.
- 30 Gesellschaft für Konsumforschung GfK AG, Nordwestring 101, 90319 Nürnberg; Stand: 1998.
- 31 Andersen, G.: Über die optimale Zusammensetzung von Hartkaramellen. Süßwaren 16, 1972, 665-667.
- 32 Informationsblatt zu BKK 0156 D der Robert Bosch GmbH, Kölnische Str. 1-3, 41747 Viersen.
- 33 Hoffmann, H.; Mauch, W.; Untze, W.: Zucker und Zuckerwaren. Verl. Paul Parey, Berlin 1985
- 34 Römpp, Chemielexikon, Thieme, Stuttgart 1989-93.
- 35 Timm, F.: Grundlagen und Fortschritte der Lebensmitteluntersuchung und Lebensmitteltechnologie, Bd. 19 Speiseeis. Verlag Paul Parey, Berlin 1985.
- 36 <http://www.uni-bayreuth.de/departments/didaktikchemie/umat/stabilisatoren/stabilisatoren.htm>; 11.01.2002
- 37 Sommer, K.; Pfeifer, P.: Inulin - Von der Wegwarte zum "Functional Food". In: Chemie & Schule (Salzburg) 14, 1999, 4, 10-21. Sommer, K.; Pfeifer, P.: Inulin in Lebensmitteln - Ein Thema für den praxisorientierten Chemieunterricht. In: Lebensmittelchemie 54, 2000, 1, 13-14. Sommer, K.; Pfeifer, P.: Inulin - Von der Wegwarte zum "Functional Food". In: VCRB Report, 2000, 27, 8-17. Sommer, K.: Inulin – Naturstoff und Lebensmittelinhaltsstoff. In: NiU-Chemie 12, 2001, 62, 24-28. Sommer, K.; Pfeifer, P.: Inulin: Ein Kohlenhydrat als Ballast- und Fettaustauschstoff. In: UB 25, 2001, 270, 34-39.
- 38 Bruischütz, R.: Speiseeis – Technologie und Nutzungspotential im fachübergreifenden Unterricht. Schriftliche Hausarbeit zur Zulassung zum 1. Staatsexamen für Realschulen in Bayern, Bayreuth 1998.
- 39 Neugebauer, M.: Fettreduktion und Aromatisierung von Speiseeis und die Anwendung im fachübergreifenden Unterricht. Schriftliche Hausarbeit zur Zulassung zum 1. Staatsexamen für Realschulen in Bayern, Bayreuth 2000.
- 40 Biedermann, A.: Aromen – Analytik und Komposition. Schriftliche Hausarbeit zur Zulassung zum 1. Staatsexamen für Grundschulen in Bayern, Bayreuth 1997.
- 41 AromenVO in der Fassung vom 22.12.1981, Bundesgesetzblatt IS. 1625/77.
- 42 H. Maarse, C. A. Visscher, Volatile Compounds in Food, Supplement 3, 6. Aufl., Zeist, 1992.
- 43 Takeoka et al.: Flavor Chemistry, Washington DC, 1989, 223-237.
- 44 Kirk-Othmer, Encyclopedia of Chemical Technology, Vol. 11, 4. Aufl., New York, 1994, 1-41.
- 45 Dragoco Gerberding & Co. AG, Dragocostr. 1, 37603 Holzminden.
- 46 Haarmann & Reimer GmbH, Postfach 1253, 37601 Holzminden.
- 47 M. Angrick, D. Rewicki, Chemie in unserer Zeit, 1980, 14, 149-157.
- 48 Biedermann, A.; Wagner, W.: Aromen für die Schule. In: NiU-Chemie, Heft 1/1999, 43-46.
- 49 Wagner, W.: Gummibärchen als didaktisches Konzept. In: NiU-Chemie, Heft 4/1992, 41-43.
- 50 <http://www.uni-bayreuth.de/departments/didaktikchemie/umat/gelatine/gelatine.htm>, 17.01.2002.
- 51 http://www.jellybelly.com/International/German/virtual_tour.html, 17.01.2002.
- 52 http://www.uni-bayreuth.de/departments/didaktikchemie/s_lebensmittel/fruchtgummi.htm, 18.01.2002.