

Lebensmittelverpackungen heute

Ein Unterrichtsbeispiel mit dem Ziel der Kompetenzorientierung und der Nachhaltigkeit

Diplomarbeit

zur Erlangung des akademischen Grades eines Magisters
der Naturwissenschaften

an der Karl-Franzens-Universität Graz

vorgelegt von
Bernd Franz WINTER

am Institut für Chemie
Begutachterin: Mag. Dr. Helga Voglhuber

Graz, 2016

Ehrenwörtliche Erklärung

Ich erkläre ehrenwörtlich, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig und ohne fremde Hilfe verfasst, andere als die angegebenen Quellen nicht benutzt und die den Quellen wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe. Die Arbeit wurde bisher in gleicher oder ähnlicher Form keiner anderen inländischen oder ausländischen Prüfungsbehörde vorgelegt und auch noch nicht veröffentlicht. Die vorliegende Fassung entspricht der eingereichten elektronischen Version.

Datum:

Unterschrift:

Gender Erklärung

Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird in dieser Diplomarbeit die Sprachform des generischen Maskulinums angewendet. Es wird an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass die ausschließliche Verwendung der männlichen Form geschlechtsunabhängig verstanden werden soll.

Vorwort

Im vierten Semester bin ich im Seminar „Allgemeine Fachdidaktik“ im Unterrichtsfach Chemie bei Frau Dr. Helga Voglhuber erstmals mit den Fehlvorstellungen von Schülern in Berührung gekommen. Ab diesem Zeitpunkt habe ich im Studium oder auch bei der Arbeit mit Schülern diese Thematik stets im Hinterkopf behalten und versucht Fehlvorstellungen aufzugreifen und bei Lehrtätigkeiten mit einzubauen. Relativ schnell wurde mir bewusst, dass ich mich auch im Zuge der Diplomarbeit mit diesem Thema beschäftigen möchte und habe diesen Gedanken bis zum Zeitpunkt der Festlegung von dieser nicht verloren.

An dieser Stelle darf ich mich herzlichst bei Frau Dr. Helga Voglhuber bedanken, dass sie mich bei meinem Interesse sofort unterstützt und mir Ihre Betreuung zugesagt hat. Vielen Dank für die Hilfe bei der Ideenfindung, die hervorragende Unterstützung bei der Arbeit und die Möglichkeit sämtliche Versuche auszuprobieren und zu adaptieren.

Ein Dank gilt auch den Schulen, an denen ich die erforderliche Datenerhebung durchführen konnte, sowie allen Teilnehmern der Befragung.

Insbesondere möchte ich mich bei Claudia bedanken. Ohne sie wäre ich viele Wege nicht gegangen, die ich im Laufe der letzten Jahre bestritten habe. Sie hat mich in jeglicher Hinsicht unterstützt und stand mir stets zur Seite.

Weiters bedanken darf ich mich bei meiner Familie, insbesondere meinen Eltern, ohne deren Unterstützung vieles nicht möglich gewesen wäre.

Schlussendlich möchte ich mich auch noch bei allen Studienkollegen, allen voran Bettina, bedanken, mit denen ich viele Stunden auf der Universität verbracht habe, welche mitunter durch intensive fachliche Diskussionen geprägt waren.

Abstract

Lebensmittelverpackungen sind in der heutigen Zeit kaum noch wegzudenken. Umso interessanter ist die Frage, was Schüler wie auch Schulabgänger darüber wissen und welche Vorstellungen sie mit der Verwendung, Funktion sowie Entsorgung jener in Verbindung bringen. Dabei treten häufig Fehlvorstellungen auf, welche vor allem in der Schule entsprechend berücksichtigt und bearbeitet werden sollen.

Die vorliegende Diplomarbeit beschäftigt sich mit dem Wissen über Lebensmittelverpackungen, der Behandlung von möglichen Fehlvorstellungen, wie auch einer nachhaltigen und kompetenzorientierten Unterrichtsgestaltung.

Im Zuge einer empirischen Studie befassten sich Schüler an zwei Schulen und Schulabgänger mit 18 Fragen zum Thema Lebensmittelverpackungen. Diese reichten von den Aufgaben und dem Aufbau der Verpackungsmaterialien bis hin zu den Wechselwirkungen dieser mit gasförmigen Substanzen. In Summe wurden 277 Fragebögen bearbeitet - 27 davon im außerschulischen Bereich, 81 in einem Gymnasium (7. und 8. Klasse) und 169 in einer HTL (1. - 5. Klasse).

Die Auswertung zeigt, dass oft nur wenige Befragte das gelernte Wissen oder auch Erfahrungen aus dem Alltag vorweisen und damit unter anderem kaum Transferleistungen zwischen den einzelnen Themenbereichen durchführen können. Bei vielen Befragten liegen hingegen Fehlvorstellungen vor.

Aus diesem Grund wurden ein Unterrichtskonzept sowie geeignete Versuche zu den gestellten Fragen unter Berücksichtigung der Fehlvorstellungen ermittelt und dargestellt. Damit soll es gelingen, die Kompetenzen der Schüler zu fördern und Fehlvorstellungen aus ihren Verankerungen zu lösen, womit das wissenschaftliche Wissen nachhaltig gesichert werden soll.

Abstract

Nowadays it is hardly to imagine buying food without food packaging. So it is an interesting question what students and graduates know about this topic and which ideas they have about the use, function and disposal of food packaging. Compared to scientific theory the ideas are often misconceptions, so particularly at school the topic about food packaging should be considered.

The present thesis deals with the knowledge of food packaging, the treatment of possible misconceptions and how all this can have a lasting effect for lesson planning at school. Further on it should be important that students will have the chance to get competences for their further life.

During an empirical study a questionnaire with 18 questions about food packaging, including the tasks of packaging materials or the interaction of these with gaseous substances, was given to students at two schools and to several graduates. Altogether 277 questionnaires were filled in - 27 of them from school leavers, 81 from pupils at the Gymnasium (7th and 8th class) and 169 from pupils at the HTL (1st - 5th class).

The evaluation shows that just only a few respondents can demonstrate the acquired knowledge about food packaging and are possible to transfer knowledge between different topics. A lot of respondents however just have misconceptions.

Therefore a concept for teaching at school as well as appropriate experiments have been developed. The concept considers the questions of the questionnaire and the misconceptions of the interviewed persons. So it should be possible to promote the skills of pupils and misconceptions should be replaced.

Inhaltsverzeichnis

Vorwort.....	3
Abstract.....	4
Abstract.....	5
Abbildungsverzeichnis.....	9
Tabellenverzeichnis.....	11
1 Einleitung.....	12
1.1 Zielsetzung	12
1.2 Forschungsfragen	12
1.3 Methodik	13
2 Chemieunterricht	14
2.1 Bildungsstandards Österreich	14
2.2 Kompetenzbegriff.....	15
3 Schülervorstellungen	16
3.1 Allgemeines	16
3.2 Berücksichtigung der Schülervorstellungen.....	16
4 Lebensmittelverpackungen	18
4.1 Funktionen von Lebensmittelverpackungen	18
4.1.1 Direkte Verpackungsfunktionen.....	18
4.1.1.1 Bilden von Einheiten.....	18
4.1.1.2 Rationalisierung.....	18
4.1.1.3 Informieren und Werben.....	19
4.1.1.4 Schutzfunktion.....	19
4.1.1.5 Convenience (Bequemlichkeit).....	21
4.1.2 Indirekte Verpackungsfunktionen	21
4.1.3 Weiterer Nutzen	21
4.2 Packmittel	22
4.2.1 Verwertung der Packmittel	22
4.2.2 Biokunststoffe.....	24
4.2.3 Konservendosen	26
4.2.3.1 Aluminium	26
4.2.3.2 Weißblech	26
4.2.4 Verbrennung von Packmitteln	27
4.2.4.1 Kunststoff	28
4.2.4.2 Papier.....	28
4.2.4.3 Nutzen der Verbrennung	29
4.2.5 Vergleich von Flaschen aus unterschiedlichen Verpackungsmittel	29

4.3	Konservierung mit Hilfe von Lebensmittelverpackungen	30
4.3.1	Verpackung wasserdampfeempfindlicher Lebensmittel	30
4.3.2	Verpackung sauerstoffempfindlicher Lebensmittel	31
4.3.3	Verpackung und Kohlenstoffdioxid	33
4.3.4	Verpackung lichtempfindlicher Lebensmittel	33
4.3.5	Verpackung und Mikroorganismen	35
4.3.6	Verpackung für sonstige Wechselwirkungen	36
4.3.7	Zusammenfassung möglicher Veränderungen am Füllgut auf Basis der vorigen Kapiteln	37
5	Empirische Studie	38
5.1	Fragebogen und Teilnehmerzahl	38
5.2	Auswertung der Ergebnisse	38
5.2.1	Frage 1	39
5.2.2	Frage 2	42
5.2.3	Frage 3	44
5.2.4	Frage 4	48
5.2.5	Frage 5	52
5.2.6	Frage 6	57
5.2.7	Frage 7	59
5.2.8	Frage 8	62
5.2.9	Frage 9	66
5.2.10	Frage 10	67
5.2.11	Frage 11	71
5.2.12	Frage 12	74
5.2.13	Frage 13	78
5.2.14	Frage 14	81
5.2.15	Frage 15	84
5.2.15.1	Papier	84
5.2.15.2	Kunststoffe	86
5.2.16	Frage 16	89
5.2.17	Frage 17	92
5.2.18	Frage 18	96
5.3	Kurzzusammenfassung der Befragung	98
6	Umsetzung im Unterricht	99
6.1	Lehrplan und Umsetzung	99
6.2	Fragen 1 - 4, 6 und 11 - 14	99
6.2.1	Unterrichtseinheiten	100

6.2.1.1	Herstellen von Stärkefolie.....	104
6.2.1.2	Vergraben von Verpackungen aus Biokunststoffen	106
6.2.1.3	Lösungsversuch von Biokunststoffen in Wasser.....	107
6.2.1.4	Nachweis von CO ₂ im Schutzgas für diverse Lebensmittel.....	108
6.2.1.5	Verbrennen von Butan.....	110
6.2.1.6	Demonstration einer Explosion mit Campinggas	112
6.2.1.7	Fernhalten des Sauerstoffs von sauerstoffempfindlichen Substanzen	114
6.3	Frage 5, 7 und 9.....	116
6.3.1	Versuche Unterrichtseinheiten	116
6.3.1.1	Bestimmung des Verpackungsanteils bei Kunststoff-, Glas- bzw. Metallverpackungen.....	118
6.3.1.2	CO ₂ -Durchlässigkeit von PET- bzw. Glasflaschen und Metalldosen – Ermittlung der pH-Änderung durch Farbumschlag von Bromthymolblau	119
6.3.1.3	Nachweis von Kohlenstoffdioxid (in den Wänden) von Getränkeflaschen mit Kalkwasser	123
6.3.1.4	Permeation von Kohlenstoffdioxid und Luft durch einen Latexhandschuh	126
6.3.1.5	Dufthandschuh	128
6.4	Frage 8	129
6.4.1	Lichtdurchlässigkeit von gefärbtem und ungefärbtem Glas.....	130
6.5	Frage 10	132
6.5.1	Äpfel und Obstsalat.....	133
6.6	Frage 15 und 16.....	135
6.6.1	Nachweis von Wasser und Kohlenstoffdioxid als Verbrennungsprodukte.....	136
6.7	Frage 17	138
6.7.1	Nachweis der schützenden Wirkung von Dosenbeschichtungen	139
6.8	Frage 18	142
7	Resümee	143
8	Literaturverzeichnis.....	147
9	Literaturverzeichnis in alphabetischer Reihenfolge	150
10	Anhang.....	153

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Kompetenzmodell für die 8. Schulstufe	14
Abbildung 2: Maximale Lichtdurchlässigkeit der Wandflächen verschiedener Joghurtbehälter ...	34
Abbildung 3: Reaktion des Singulett-Sauerstoffs mit einer ungesättigten Fettsäure	35
Abbildung 4: Auswertung von Frage 1 über alle Befragungsgruppen und gesamt	41
Abbildung 5: Auswertung von Frage 2 über alle Befragungsgruppen und gesamt	43
Abbildung 6: Auswertung von Frage 3 über alle Befragungsgruppen und gesamt	46
Abbildung 7: Auswertung von Frage 3 über alle Befragungsgruppen und gesamt - Kunststoffe spezifisch	47
Abbildung 8: Auswertung von Frage 4 über alle Befragungsgruppen und gesamt	51
Abbildung 9: Auswertung von Frage 6 über alle Befragungsgruppen und gesamt	58
Abbildung 10: Auswertung von Frage 8 gesamt	64
Abbildung 11: Auswertung von Frage 8 über alle Befragungsgruppen und gesamt	65
Abbildung 12: Auswertung von Frage 10 über alle Befragungsgruppen und gesamt	68
Abbildung 13: Auswertung von Frage 10 gesamt	70
Abbildung 14: Auswertung von Frage 11 über alle Befragungsgruppen und gesamt	73
Abbildung 15: Auswertung von Frage 12 über alle Befragungsgruppen und gesamt	75
Abbildung 16: Auswertung von Frage 12 über alle Befragungsgruppen und gesamt	77
Abbildung 17: Auswertung von Frage 13 über alle Befragungsgruppen und gesamt	80
Abbildung 18: Auswertung von Frage 14 über alle Befragungsgruppen und gesamt	83
Abbildung 19: Auswertung von Frage 15 über alle Befragungsgruppen und gesamt - Papier.....	85
Abbildung 20: Auswertung von Frage 15 über alle Befragungsgruppen und gesamt - Kunststoff	88
Abbildung 21: Auswertung von Frage 16 über alle Befragungsgruppen und gesamt	91
Abbildung 22: Auswertung von Frage 18 über alle Befragungsgruppen und gesamt	96
Abbildung 23: Fertige Folie.....	104
Abbildung 24: Vor und nach 30 Tagen	106
Abbildung 25: Lösungsversuch eines Biokunststoffes in Wasser	107
Abbildung 26: Nachweis der Brennbarkeit von Butan mit Spritze.....	110
Abbildung 27: Nachweis der Brennbarkeit von Butan mit dem Reagenzglas	111
Abbildung 28: Explosion mit Campinggas.....	112
Abbildung 29: CO ₂ -Gasspender	114
Abbildung 30: Marmeladeglas ohne (links) und mit einer CO ₂ gefluteten Umgebung (rechts)...	115
Abbildung 31: Beobachtungszeitraum Kunststoff-, Glas- und Metallgefäß - Start und nach ca. 21 Stunden	120
Abbildung 32: Beobachtungszeitraum Kunststoff-, Glas- und Metallgefäß - nach ca. 4 bzw. 5 Tagen	120

Abbildung 33: Beobachtungszeitraum Kunststoffgefäß - Start, nach 4 bzw. 8 Stunden und nach 3 Tagen	120
Abbildung 34: Beobachtungszeitraum Kunststoffflaschen - Start, nach 8 Stunden und nach 1 bzw. 1,5 Tagen	121
Abbildung 35: Beobachtungszeitraum Glas-, Kunststoff- und Metallgefäß - Start, nach ca. 20, 28 und 33 Stunden sowie nach 3, 7 und 11 Tagen	121
Abbildung 36: Versuchsaufbau zum Nachweis von Kohlenstoffdioxid mit Kalkwasser	123
Abbildung 37: Start und die erkennbare Kalkablagerung nach ca. einem Tag	124
Abbildung 38: Kalkablagerung bei der original befüllten Flasche (links) und bei der Mineralwasserflasche, die mit destilliertem Wasser aufgefüllt wurde (rechts)	124
Abbildung 39: CO ₂ -Gasspender	126
Abbildung 40: Latexhandschuh beim Start, nach einer 1/2 Stunden und nach 5 Stunden	126
Abbildung 41: Nachweis der Lichtdurchlässigkeit von unterschiedlichen Verpackungsmaterialien	131
Abbildung 42: Obstsalate und Apfel - Start (links mit Zucker, mittig mit Zitronensäure und rechts nur mit Wasser)	133
Abbildung 43: Obstsalate und Apfel - nach einem Tag	133
Abbildung 44: Obstsalate und Apfel - nach 5 Tagen	134
Abbildung 45: Versuchsaufbau	136
Abbildung 46: Nachweis der schützenden Wirkung der Beschichtung von Dosen - Start	139
Abbildung 47: Nachweis der schützenden Wirkung der Beschichtung von Dosen - nach 1 Tag	140
Abbildung 48: Nachweis der schützenden Wirkung der Beschichtung von Dosen - nach 3 Tag	140

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Vergleich von Flaschen aus unterschiedlichen Verpackungsmittel.....	29
Tabelle 2: Zusammenfassung möglicher Veränderungen am Füllgut	37
Tabelle 3: Auswertung von Frage 1	40
Tabelle 4: Auswertung von Frage 3	45
Tabelle 5: Auswertung von Frage 4	50
Tabelle 6: Auswertung von Frage 5 – Kunststoff	54
Tabelle 7: Auswertung von Frage 5 – Glas.....	55
Tabelle 8: Auswertung von Frage 5 – Metall.....	56
Tabelle 9: Auswertung von Frage 7	61
Tabelle 10: Auswertung von Frage 8	63
Tabelle 11: Auswertung von Frage 9.....	66
Tabelle 12: Auswertung von Frage 10	70
Tabelle 13: Auswertung von Frage 11	72
Tabelle 14: Auswertung von Frage 13	79
Tabelle 15: Auswertung von Frage 14	82
Tabelle 16: Auswertung von Frage 15 - Papier.....	84
Tabelle 17: Auswertung von Frage 15 - Kunststoff	87
Tabelle 18: Auswertung von Frage 16	90
Tabelle 19: Daten zu den Vergrabenen Verpackungen	106
Tabelle 20: Nachweis von Schutzgas	108
Tabelle 21: Nachweis von Schutzgas	118

1 Einleitung

Lebensmittelverpackungen spielen in unserer Alltagswelt eine zentrale Rolle. Begibt man sich in ein Geschäft, so findet man kaum unverpackte Lebensmittel vor. Ist es nicht eine künstliche Verpackung, die das Lebensmittel schützt, so ist zumindest eine natürliche vorhanden. Man denke beispielsweise an die Schale diverser Lebensmittel. Für viele Konsumenten stellt die Verpackung jedoch nur eine nutz- und zwecklose Option dar, um die Lebensmittel anzubieten. Das Ergebnis davon ist für viele eine entsprechende Müllproduktion, die ohne Verpackung vermieden werden könnte.

Für die Konsumenten ist es daher wichtig, auch eine andere Sichtweise zu diesem Thema zu erhalten und dafür kann man bereits im Chemieunterricht eine entsprechende Grundlage legen. Es ist wichtig zu verstehen, welche Funktionen und Aufgaben Lebensmittelverpackungen haben. Man sollte auch über die Arten der Verpackung Bescheid wissen und verstehen, warum es eine so hohe Anzahl an unterschiedlichen Packmitteln gibt und worin sich diese unterscheiden. Schlussendlich spielt auch der chemische Hintergrund eine entscheidende Rolle, wodurch ein Bewusstsein geschaffen werden kann, warum nicht für jedes Lebensmittel dieselbe Verpackung verwendet werden kann.

1.1 Zielsetzung

Das Ziel dieser Diplomarbeit ist es zu ermitteln, wie Schüler und Schulabgänger dem Thema Lebensmittelverpackungen entgegengetreten, welche chemischen Hintergrundinformationen aber auch Fehlvorstellungen zum genannten Thema vorhanden sind und wie die Umsetzung im Chemieunterricht erfolgen kann, um das Verständnis zu vertiefen und fehlerhafte Vorstellungen aufzuheben. Zudem sollen die Schüler durch die Umsetzung im Unterricht Kompetenzen erwerben und es soll auch die Nachhaltigkeit des vermittelten Stoffes gegeben sein, damit das erworbene Wissen und der Erkenntnisgewinn auch im Alltag angewendet werden kann.

1.2 Forschungsfragen

Aus der Zielsetzung ergeben sich folgende Forschungsfragen:

- Welches Wissen und welche Fehlvorstellungen haben Schüler und Schulabgänger zum Thema Lebensmittelverpackungen?
- Sind Fehlvorstellungen mehrheitlich gegeben oder die Ausnahme?
- Unterscheiden sich einzelne Befragungsgruppen in ihrem Wissen?
- Welche Möglichkeiten und Hilfsmittel gibt es, Wissen zu verankern und Fehlvorstellungen abzubauen bzw. gänzlich durch wissenschaftliches Wissen zu ersetzen?

1.3 Methodik

Für die folgenden drei Kapitel wurde eine ausführliche Literaturrecherche durchgeführt, um das wesentliche Grundwissen des Chemieunterrichts in Österreich sowie über Schülervorstellungen und die Lebensmittelverpackungen darzustellen.

Das Wissen von Schülern und außerschulischen Personen wurde mit Hilfe eines Fragebogens ermittelt. Hinsichtlich der Auswertung wurden die Ergebnisse im Bedarfsfall zu Kategorien zusammengefasst und in Diagrammen dargestellt, um einen Überblick zu den Vorstellungen zu erhalten.

Schlussendlich wurden sowohl ein Unterrichtskonzept als auch Versuchsdurchführungen für die Behandlung der Thematik im Unterricht ausgearbeitet und ermittelt.

2 Chemieunterricht

2.1 Bildungsstandards Österreich

Im österreichischen Schulsystem hat sich in den letzten Jahren einiges geändert und es wurden Bildungsstandards als Regelstandards konzipiert. Das Konzept dazu orientiert sich vorwiegend auf den Erwerb fundierter fachlicher Kompetenzen, welche den Schülern zweifelsohne unterrichtet werden müssen. Diese sollen als Voraussetzung für ein nachhaltiges und lebenslanges Lernen dienen, damit die Lernenden für die wechselnden Herausforderungen von Beruf und Alltag gerüstet sind. Um diesen an das Schulsystem gestellten Anspruch zu erfüllen, bedarf es jedoch eines grundlegenden Verständnisses für das Phänomen der Kompetenz. [1]

Für den Bereich der Naturwissenschaften wurde seitens des BIFIEs ein Kompetenzmodell für die 8. Schulstufe entwickelt, welches für den Chemieunterricht wie in Abbildung 1 dargestellt werden kann.

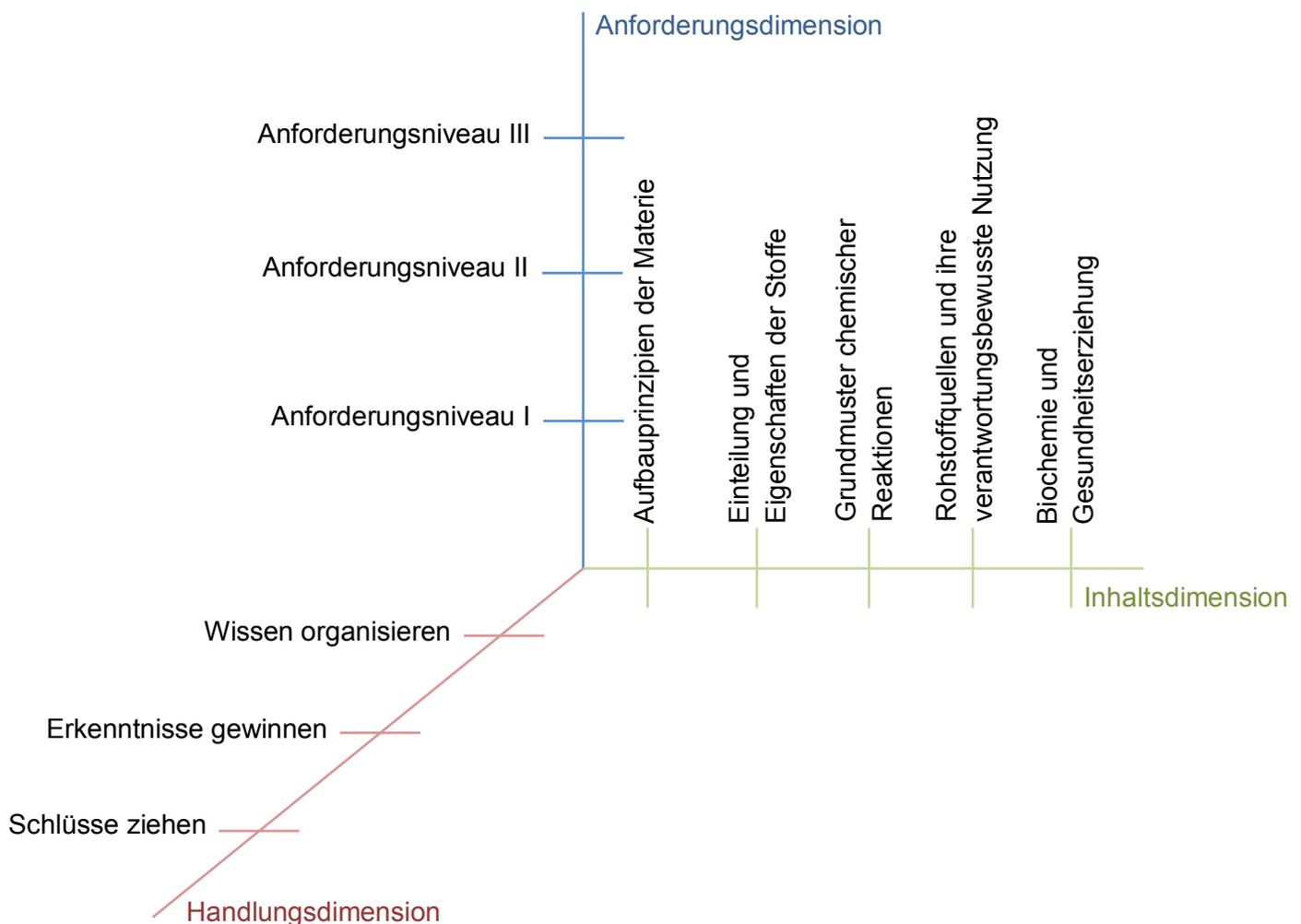


Abbildung 1: Kompetenzmodell für die 8. Schulstufe [2]

Wie Abbildung 1 zeigt, sollen in der Handlungsdimension die Handlungskompetenzen „Wissen organisieren“, „Erkenntnisse gewinnen“ und „Schlüsse ziehen“ an die Schüler vermittelt werden. Beim „Wissen organisieren“ geht es darum, dass die Schüler sich das Wissen aneignen, darstellen und über das Wissen kommunizieren können. Das Fragen, Untersuchen und Interpretieren steht beim „Erkenntnisse gewinnen“ im Vordergrund und bei der Kompetenz „Schlüsse ziehen“ sollen sie bewerten, entscheiden und entsprechend handeln. [2]

In den Anforderungsdimensionen werden drei Niveaus unterschieden, wobei hier beginnend vom ersten Niveau stark angeleitet gearbeitet und reproduzierend gehandelt wird, bis zum dritten Niveau Verbindungen zwischen unterschiedlichen Sachverhalten hergestellt und naturwissenschaftliche Konzepte genutzt werden sollen sowie selbstständige Arbeit im Vordergrund steht. [2]

Bei der Inhaltsdimension können die Schüler Auskunft über die Inhalte der in Abbildung 1 angeführten Themengebiete geben. [2]

2.2 Kompetenzbegriff

Die österreichischen Bildungsstandards beziehen sich auf den von Franz. E. Weinert entwickelten Kompetenzbegriff. [1]

Dieser besagt, dass man unter Kompetenzen *„die bei Individuen verfügbaren oder durch sie erlernbaren kognitiven Fähigkeiten und Fertigkeiten, um bestimmte Probleme zu lösen, sowie die damit verbundenen motivationalen, volitionalen und sozialen Bereitschaften und Fähigkeiten um die Problemlösungen in variablen Situationen erfolgreich und verantwortungsvoll nutzen zu können“* versteht. [3, S. 27–28]

Er unterscheidet als Erträge des schulischen Unterrichts die fachlichen und fachübergreifenden (z.B. Problemlösen, Teamfähigkeit) Kompetenzen sowie die Handlungskompetenzen (kognitive, motivationale, volitionale, soziale Kompetenzen und erworbene Fähigkeiten im Leben erfolgreich und verantwortlich nutzen). Diese sind unbestritten für ein gutes und erfolgreiches Leben innerhalb und außerhalb der Schule notwendig. Eine Reihung nach Prioritäten und eine Ablehnung einer der Kompetenzen hat sich aus dem kognitionspsychologischen Erkenntnisstand als höchst problematisch erwiesen. [3, S. 28]

3 Schülervorstellungen

3.1 Allgemeines

Ursprünglich bezog man sich bei der Unterrichtsplanung darauf, dass Schüler keine Vorstellungen oder Kenntnisse über das Gelehrte haben und in der Vorbereitung des Unterrichtes nur darauf geachtet werden müsse, welche Reihenfolge für neue Begriffe gewählt wird und welche didaktischen Hilfsmittel dafür verwendet werden. Fachdidaktische Erhebungen brachten jedoch hervor, dass Schüler ihre eigenen Vorstellungen mitbringen, diese sich jedoch oft nicht mit den heutigen wissenschaftlichen Vorstellungen decken. Daher lautet eine Grundfrage der Chemiedidaktik, zu welchen Inhalten welche Vorstellungen existieren und welche Erfahrungen erforderlich sind, um diese richtig zu stellen. Man sollte hier jedoch nicht unbedingt von „falschen“ Vorstellungen sprechen, sondern berücksichtigen, dass Schüler sehr wohl richtig beobachtet haben und dadurch eine eigene Vorstellungswelt geschaffen wurde. Alternative Bezeichnungen für ihre Fehlvorstellungen wären z.B. Alltagsvorstellungen, lebensweltliche Vorstellungen, ursprüngliche oder vorwissenschaftliche Vorstellungen aber auch Schülervorverständnisse oder Präkonzepte. [4, S. 1–2]

Diese Alltagsvorstellungen rühren daher, dass Schüler des Anfangsunterrichts im Fach Chemie vorwiegend in ihrer geistigen Entwicklung nach Piaget dem Stadium konkreter Denkopoperationen zuzuordnen sind und sie sich dadurch hauptsächlich auf das konkrete Objekt fixieren. Daraus folgt, dass sie Phänomene konkret-bildhaft und in magisch-animistischer Sprechweise beschreiben wie zum Beispiel, dass Säuren Metalle fressen. Diese Denkmuster zeigen Parallelen zum geschichtlichen Verlauf des Erkenntnisprozesses im Fach Chemie und es sollen daher den Schülern durch eine entsprechende Unterrichtsgestaltung (beispielsweise mit Experimenten) die tatsächlichen Vorgehensweisen näher gebracht werden. [4, S. 9]

3.2 Berücksichtigung der Schülervorstellungen

Lässt man vorhandene Schülervorstellungen unberücksichtigt, führt dies vorwiegend dazu, dass Schüler die neuen Erkenntnisse bis zum darauffolgenden Test für sich behalten, danach aber immer mehr vergessen und zu ihren ursprünglichen Vorstellungen zurückkehren. Daher ist es wichtig, die Vorstellungen der Schüler zu kennen bzw. im Zuge des Unterrichts zu ermitteln, damit diese Schritt für Schritt durch die fachwissenschaftlichen Sachverhalte ersetzt werden können. Dafür ist es wesentlich, dass in Unterrichtsgesprächen den Schülern ihre eigenen Widersprüche aufgezeigt bzw. bei neuen Inhalten die Widersprüche ihrer Vorstellungen zu den vorgetragenen wissenschaftlichen Deutungen bewusst gemacht werden. Dadurch sollten sie motiviert werden, ihre Widersprüche zu überwinden und mit der Erkenntnis, dass sie mit der eigenen Vorstellungswelt nicht weiterkommen, bereit sein, die Erklärungen der Lehrkraft nachzuvollziehen und somit neue Denkstrukturen aufzubauen. [4, S. 21]

Durch den kognitiven Konflikt zwischen ihrer ursprünglichen Vorstellung und den von der Lehrkraft präsentierten wissenschaftlichen Fakten, können Neugier und Interesse aufkommen. Die Schüler erkennen dadurch die Bedeutung des Problems und motivieren sich, eine Lösung zu finden, wodurch ein Konzeptwechsel zur wissenschaftlichen Vorstellung realisiert werden kann. [4, S. 47]

Wichtig für den Vermittlungsprozess ist nun, dass man als Lehrkraft über vorhandene Widersprüche in den Alltagsvorstellungen reflektiert, Widersprüche zwischen Präkonzepten und der wissenschaftlichen Erklärung aufzeigt, zwischen angemessenen Erklärungen experimenteller Phänomene und den ursprünglichen Vorstellungen diskutiert und Möglichkeiten zum Abbau ursprünglicher Schülervorstellungen sowie den Aufbau tragfähiger und fachgerechter Beschreibungen schafft. Relevant dafür ist ebenso, dass es jedem Individuum möglich ist, seine eigene Lernstruktur für sich aufzubauen, die Aktivität und Eigentätigkeit jedes Lernenden gegeben ist und ein Konzeptwachstum oder Konzeptwechsel stattfindet. [4, S. 21–22]

Nicht zu erwarten ist dennoch, dass die vermittelten Konzepte für immer erhalten bleiben, da - wie bereits beschrieben - die lebensweltlichen Vorstellungen wesentlich tiefer verwurzelt sind und durch Gespräche im privaten Umfeld hinsichtlich naturwissenschaftlicher Themen die Schüler in ihren neu erworbenen Vorstellungen verunsichert werden können. Daher ist es relevant, die in oft wenigen Unterrichtseinheiten vermittelten Konzepte wiederholt anzuwenden und zu vertiefen, um sie fest bei den Lernenden zu verankern. Damit könnte man erreichen, dass Schüler Ausdrücke in der Umgangs- und Alltagssprache reflektieren und ihren Gesprächspartnern ihr neu erworbenes Wissen anbieten. Die Schüler würden dadurch eine Kompetenz erwerben, die die Kritikfähigkeit fördert und sie würden zugleich einen positiven Einfluss auf die Gesellschaft ausüben, da sie naturwissenschaftliches Wissen entsprechend beschreiben und verständlich weitergeben können. [4, S. 27–28]

4 Lebensmittelverpackungen

Lebensmittelverpackungen spielen heutzutage in der Gesellschaft eine wesentliche Rolle. Die jüngsten Generationen haben kaum mehr ein Bild darüber, wie es ohne Lebensmittelverpackungen in einem Geschäft oder Supermarkt aussehen könnte. Daher ist es auch wichtig zu wissen, welche Aufgaben, Funktionen und welche chemischen Hintergründe bei den Verpackungen von Lebensmitteln vorliegen.

Ein neuer Trend versucht nun wieder ohne Lebensmittelverpackungen auszukommen. Das bedeutet ohne Einweg-Plastiksackerl, Tetra Pak oder Aludosen. Neben Geschäften in Berlin, München, Wien, Linz und Innsbruck startete auch „Das Gramm“ in Graz mit der Idee eines verpackungsfreien Supermarktes und dem Ziel eines nachhaltigen Einkaufs von Lebensmitteln. [5]

Dadurch wird es auch für die heutige Generation wieder möglich, sich ein Bild über verpackungsfreie Supermärkte zu machen. Dennoch werden fürs Erste verpackte Lebensmittel die zentrale Rolle in der Zukunft spielen.

4.1 Funktionen von Lebensmittelverpackungen

Lebensmittelverpackungen haben reichlich Funktionen für Packgut, Hersteller, Logistik-, Lager- und Transportwesen, Handel, Verbraucher, Umwelt und für Volks- und Weltwirtschaft, wodurch es sinnvoll erscheint, diese in direkte und indirekte Funktionen zu unterteilen. [6, S. 1]

4.1.1 Direkte Verpackungsfunktionen

Verpackungen bilden Einheiten, dienen dem Schutz, der Rationalisierung, der Information/Werbung und liefern Zusatzservices (Convenience). [6, S. 4]

4.1.1.1 Bilden von Einheiten

Füll- und Packgut aber auch Packungen können unterteilt und zusammengefasst werden, wodurch sich eine Reihe von Einheiten bilden lässt, welche für Lagerung, Transport, Logistik, Vertrieb und Gebrauch eine große Bedeutung haben. [6, S. 4]

4.1.1.2 Rationalisierung

Eine sinnvolle Verpackung ist für die Durchführbarkeit von Vorgängen erforderlich und fördert die Wirtschaftlichkeit. So sollen Verpackungen eine maschinengerechte Gestaltung haben, wodurch ein entsprechender Abpackvorgang möglich wird. Sie sollen das Ausstatten und Kennzeichnen sowie Nachbehandlungen rationalisieren und eine gute Eignung für das Transportieren, Lagern, Laden, Kommissionieren, Identifizieren, ihren Vertrieb und ihre Verwendung aufweisen. Außerdem muss ihre Gestaltung je nach ihrer Verwendung ausgeführt werden. So kommt es darauf an, ob sie im Haushalt oder einer Großküche eingesetzt werden bzw. in einem regulären

Einzelhandelsgeschäft, für eine Hausbelieferung, für einen Warenautomaten oder auch für den Onlineverkauf zum Einsatz kommen. [6, S. 4–6]

4.1.1.3 Informieren und Werben

Informationen sind einerseits durch den Gesetzgeber vorgeschrieben, andererseits gibt es freiwillige Deklarierungen auf den Verpackungen.

In Österreich müssen Bezeichnung des Lebensmittels, Zutaten, Allergenkennzeichnung, Menge bestimmter Zutaten, Nettofüllmenge, Mindesthaltbarkeitsfrist, gegebenenfalls Aufbewahrungs- und/oder Verwendungsbedingungen, Name oder Firma und die Anschrift, Ursprungsland oder Herkunftsort, Gebrauchsanweisung, Alkoholgehalt sowie Nährwertdeklarationen angeführt werden. [7]

Neben der Ausweisung der gesetzlichen Informationen ist die Verpackung der stumme Verkäufer im Selbstbedienungsladen, wodurch eine entsprechende Werbewirksamkeit unerlässlich ist. Einerseits betreibt sie Eigenwerbung für das enthaltene Produkt, andererseits kann sie aber auch als Fremdwerbung für weitere Produkte herangezogen werden. [6, S. 6]

4.1.1.4 Schutzfunktion

Verpackungen müssen einen Schutz in der Phase des Abpackens, für alle mit der Lagerung und Verteilung befassten Personen, für das verpackte Gut bis zum Verbrauch, für den Verbraucher selbst sowie bei der Wiederaufbereitung, Verwertung oder Entsorgung garantieren. [6, S. 7]

Für den **Schutz der Umgebung** ist dabei wesentlich, dass keine Verschmutzungsgefahr durch die Verpackung ausgehen darf. Dies wäre der Fall, wenn die Verpackung den mechanischen und klimatischen Beanspruchungen bei Lagerung und Transport nicht stand hält, aber auch wenn bei der Wiederaufbereitung, beim Sammeln, Sortieren, Verwerten oder Entsorgen Gefahren für die Umwelt oder den Menschen auftreten. [6, S. 7]

Die Verpackungen dienen weiters als **Schutz vor Verlust**, wobei dieser einerseits aufgrund von Ladendiebstahl und andererseits durch eine Leckage der Verpackung auftreten kann. [6, S. 7]

Außerdem muss noch der Schutz vor Schädigungen von Packgut und Verpackung gegeben sein. Auftreten können mechanische Schädigungen sowie Schädigungen durch Wasserdampf, Sauerstoff, Kohlenstoffdioxid-Entwicklung, Licht, Aromen, tierische Schädlinge und Mikroorganismen [6, S. 7–10]:

Ist die Verpackung nicht entsprechend ausgelegt, können **mechanische Schäden** durch Druck, Schwingungen und Stöße, aber auch bei einer Einwirkung von Wasser auftreten. [6, S. 7–8]

Wasserdampf kann Schäden aufgrund einer Wasserdampf-Aufnahme aber auch eines Wasserdampf-Verlustes sowie einem internen Feuchtigkeitsausgleich verursachen. Beispielsweise geben Lebensmittel wie Obst und Gemüse Wasserdampf ab. Kann dieser nicht entsprechend abgeführt werden, so entsteht eine Atmosphäre, die den mikrobiologischen Verderb begünstigt. Geht jedoch zu viel verloren, so kann das Lebensmittel austrocknen. [6, S. 7–8]

Aufgrund von **Sauerstoff** können sich Lebensmittelbestandteile durch Oxidation verändern. Zur Aufbewahrung können dafür Vakuum- und Schutzgasverpackungen verwendet werden, in welchen kaum Sauerstoff vorhanden ist. Eine sauerstoffarme Verpackung ist weiters bei einer Gefährdung durch aerobe Mikroorganismen wie Schimmelpilze sowie für das Abtöten von Insekten und deren Entwicklungsstufen vonnöten, wobei dazu zur geringen Sauerstoffkonzentration eine erhöhte CO₂-Konzentration erforderlich ist. Bei Produkten mit lebenden Zellen wird ebenfalls Sauerstoff verbraucht und Kohlenstoffdioxid und Wasser gebildet. Wird die Sauerstoffkonzentration verringert und die CO₂-Konzentration erhöht, so kann die Alterung eingebremst werden. Hingegen muss bei der Gefahr von anaeroben Mikroorganismen oder auch um die hellrote Farbe beim Fleisch aufrecht zu erhalten eine entsprechend hohe O₂-Konzentration vorliegen. [6, S. 8–9]

Laufen Fermentationsvorgänge in den Verpackungen ab, entsteht **Kohlenstoffdioxid**. Ebenfalls wird CO₂ beim Rösten von Kaffee gebildet, welches vorerst unter Druck in den Zellen eingeschlossen und erst mit der Zeit frei wird. Um in diesen Fällen das CO₂ abzuführen, sind entsprechend undichte Verpackungen oder Verpackungen mit Überdruckventilen bzw. CO₂-Absorber erforderlich. [6, S. 9]

Licht, unter anderem gemeinsam mit Sauerstoff, kann ebenfalls Lebensmittel gefährden, weswegen ein entsprechender Schutz erforderlich ist. Chemische Schädigungsreaktionen werden dabei hauptsächlich durch den energiereichen kurzwelligen Bereich (ein Teil des sichtbaren Lichts und des UV-Lichts) hervorgerufen. Im langwelligen Strahlungsbereich (hauptsächlich im roten Bereich des Spektrums) können hingegen aufgrund der Erwärmung physikalische, chemische und mikrobiologische Schädigungsvorgänge entstehen. [6, S. 9]

Weiters müssen Verpackungen entsprechend ausgelegt sein, um **Aromaverluste** an die Umgebung oder an das Verpackungsmaterial bzw. eine **Fremdaromaaufnahme** aus der Umgebung oder aus dem Verpackungsmaterial zu verhindern. [6, S. 9]

Abschließend ist noch ein Schutz vor **Insekten** und **Mikroorganismen** erforderlich. Aufgrund des Welthandels können entsprechende Insekten bei geeigneten Bedingungen überall auftreten. Ein Befall von diesen kann zu einem Hygieneproblem, aber auch zu gesundheitlichen Schwierigkeiten führen. Mikroorganismen hingegen können Lebensmittel ohne gesundheitliche Gefahren verändern, oder auch zu ernstesten gesundheitlichen Problemen wie z.B. Salmonellen, welche Infektionen verursachen, führen. Auch gibt es Mikroorganismen, die hochgiftige Toxine bilden können. Hier müssen zu den entsprechenden Verpackungen auch geeignete Behandlungs- und Lagerungsmaßnahmen durchgeführt werden, um vor schädlichen Mikroorganismen zu schützen. [6, S. 9–10]

4.1.1.5 Convenience (Bequemlichkeit)

Diese Funktion hat mittlerweile eine wesentliche Rolle bekommen. Obwohl der Verpackungsaufwand sparsam gewählt werden soll, sind Eigenschaften wie stehfähig, stapelbar, leicht zu öffnen bzw. zu entleeren sowie die Wiederverschließbarkeit wesentlich. [6, S. 6]

4.1.2 Indirekte Verpackungsfunktionen

Verpackungen sind heutzutage ein Teil der erforderlichen wirtschaftlichen Infrastruktur. Dies bedeutet, dass ohne sie eine moderne Güterversorgung unmöglich wäre, da viele unserer Konsumartikel nicht lager- und verteilfähig wären. Außerdem sind Verpackungen ein Mittel gegen den Hunger auf der Welt. Lebensmittel sind dadurch entsprechend geschützt und länger haltbar, wodurch die Versorgung mit diesen besser erfolgen kann. Weiters hilft die Verpackung Lagerverluste zu vermeiden, Jahreszeiten und Kontinente zu überbrücken und macht rationelle Großanlagen für die Lebensmittelverarbeitung möglich. Schlussendlich entlastet sie aufgrund der teilweisen Vorverlagerung der Lebensmittelzubereitung den Haushalt. So ist allein im Zeitraum von Beginn des 20. Jahrhunderts bis zum Ende der Achtzigerjahre die tägliche Küchenarbeit von fünf Stunden auf eine Stunde zurückgegangen. [6, S. 1–4]

4.1.3 Weiterer Nutzen

Verpackungen müssen oft auch einen Zusatznutzen erfüllen, wie die Verwendung zum Dosieren, Erwärmen, Kochen, Backen und vieles mehr. Einen Sekundärnutzen haben sie, wenn sie nach ihrer Verwendung als Alltagsgegenstand gebraucht werden können, wie z.B. wenn ein Aufstrichglas als Trinkglas eingesetzt wird. [6, S. 7]

4.2 Packmittel

2009 wurden weltweit

36 % Papier und Pappe,

34 % Kunststoffe,

17 % Metall,

7 % Glas und

6 % weitere Packmittel

am Verpackungsmarkt verwendet. [8]

In Österreich wurden im Jahr 2013 von der Gesamtproduktion

34,1 % Papier, Karton und Pappe,

20,9 % Glas,

20,3 % Kunststoffe,

20,1 % Holz und

4,5 % Metall

an Verpackungsmaterialien hergestellt. [9]

Die ARA AG (Altstoff Recycling Austria AG) weist für 2013 in ihrer Sammel- und Erfassungsleistung aus, dass die von den insgesamt 835.465 Tonnen gesammelten Packstoffen aus Haushalten, Gewerbebetrieben und Industrien

39,4 % Papier, Karton, Pappe, Wellpappe,

26,7 % Glas,

26,6 % Leichtverpackungen (Kunststoffe, Materialverbunde, textile Faserstoffe, Keramik, Holz, Packstoffe auf biologischer Basis),

5,0 % Metall und

2,3 % Holz

gesammelt haben.

Davon wurden Papier, Karton, Pappe, und Wellpappe gänzlich, Glas zu 97,4 %, Leichtverpackungen zu 82,2 % (ohne Holz), Metall zu 84,2 % und Holz ebenfalls gänzlich verwertet. [10, S. 33–41]

4.2.1 Verwertung der Packmittel

In der modernen **Papier**erzeugung ist es nun möglich, das gesamte in Österreich gesammelte Altpapier zur Erzeugung neuer Produktgruppen wie Hygienepapiere, Zeitungsdruckpapiere aber auch für Verpackungen aus Papier, Karton, Pappe und Wellpappe zu verwenden. Letztere werden davon teilweise sogar nur noch aus Altpapier hergestellt. [10, S. 44–45]

Leichtverpackungen werden für die Verwertung zerkleinert, gewaschen, getrocknet, geschmolzen und zu Granulat verarbeitet, welches Kunststoffverarbeitungsbetrieben als Rohstoff für die Herstellung neuer Produkte zur Verfügung gestellt wird. Für ein qualitativ hochwertiges Granulat ist es wichtig, dass die Kunststoffe zuvor entsprechend genau sortiert werden. Aufgrund neuer technischer Verfahren ist es mittlerweile trotz hygienisch hoher Anforderungen möglich, auch PET-Flaschen wieder zu neuen PET-Flaschen zu recyceln. Weiters werden nicht recycelbare Kunststoffe für die thermische Verwertung verwendet und ersetzen somit fossile Brennstoffe wie Kohle, Erdöl und Erdgas. Dabei entspricht der Heizwert eines Kilogramm Kunststoffs in etwa dem von einem Liter Heizöl. In einigen Bundesländern von Österreich werden kleinteilige Leichtverpackungen zusammen mit Restmüll gesammelt und in Müllverbrennungsanlagen verbrannt, wodurch Energie für kommunale Einrichtungen und Fernwärmenetze erzeugt wird. [10, S. 48–49]

Stahlblech, oft mit Zinn zu Weißblech veredelt, wird nach einer entsprechenden Sortierung zum Einsatz im Stahlwerk aufbereitet und beim Verwerter als hochwertiger Rohstoff eingesetzt. Aus gebrauchten Lebensmittel- und Tierfutterdosen, Speiseöldosen oder Farbeimern werden Produkte wie hochwertiger Baustahl, Waschmaschinengehäuse, Auto- und Flugzeugkomponenten oder Eisenbahnschienen erzeugt. Durch die 100 %ige Verwertung von Ferrometallen kann Energie, Luft und Wasser bei der Herstellung von neuen Produkten eingespart und Deponieraum reduziert werden. Aluminium wiederaufzuschmelzen erfordert nur in etwa 5 % der Energie, welche für die Produktion der gleichen Menge Primärmaterial nötig ist. Außerdem kann es unbegrenzt wiederverwertet werden, da es keinen Verlust seiner Eigenschaften hat. [10, S. 50–51]

Wird **Holz** als Packmittel verwertet, so wird es zuerst in Aufbereitungsanlagen zu Holzspänen zerkleinert. Mit diesen wird eine stoffliche (z.B. Holzspanplatten) oder thermische Verwertung in Verbrennungsanlagen durchgeführt bzw. werden sie als Strukturmaterial bei der Kompostierung von biogenen Abfällen verwendet. [10, S. 52]

Auch bei **Glas** besteht die Möglichkeit des 100 %igen Recyclings. Glas kann unendlich oft eingeschmolzen und neu geformt werden, bei immer gleichbleibender Qualität. Dafür ist eine sorgfältige Sortierung notwendig. Der Einsatz als Recycling-Glas spart Heizenergie und dadurch den Ausstoß von Kohlenstoffdioxid. [10, S. 54–55]

In der empirischen Studie wird näher auf Biokunststoffe und Konservendosen eingegangen. Daher werden diese beiden Packstoffe im Folgenden näher behandelt.

4.2.2 Biokunststoffe

Biokunststoffe erreichen einen immer höheren Bekanntheitswert und werden meist auch beim Endanwender positiv anerkannt. Der Begriff Biokunststoff ist jedoch nur ein Überbegriff und fasst die Eigenschaften der „biologischen Abbaubarkeit“ und des „biologischen Ursprungs“ zusammen, obwohl nur eine der beiden Eigenschaften vorliegen kann. [11, S. 83]

Bei biologisch abbaubaren Kunststoffen handelt es sich um solche, die fast zur Gänze aus bioabbaubaren Polymeren und Additiven bestehen, wobei nach EN 13432 der nicht biologisch abbaubare Bestandteil gesamt nicht größer als 5 % und pro Substanz maximal 1 % sein darf. Diese Kunststoffe werden nach ihrer Verwendung durch Abbaumechanismen in sehr kleine Fragmentierungen getrennt und anschließend von Mikroorganismen vollständig zu Biomasse, CO₂ oder Methan, Wasser und Mineralien umgewandelt. „Bio“ bedeutet in diesem Sinne also, dass das Material wieder zur Natur wird. Einen Nutzen haben diese, wenn der Endanwender dadurch eine Erleichterung hat. Zum Beispiel können Mulchfolien auf dem Feld nach ihrem Gebrauch untergepflügt werden oder der Bioabfall in biologisch abbaubaren Mülltüten gesammelt und gemeinsam in den Biomüll gegeben werden. Beispiele für biologisch abbaubare Kunststoffe sind Polylactide (=Polymilchsäuren), Polyhydroxyalkanoate (=Polyhydroxyfettsäuren), Cellulosederivate, Stärke, aber auch erdölbasiertes Polybutylenadipat-terephthalat und Polybutylensuccinat. [11, S. 83–84]

Als kompostierbar dürfen die Biokunststoffe nach EN 13432 bezeichnet werden, wenn sie unter anderem innerhalb von 6 Monaten zu 90 % abgebaut werden. Bei einem längeren Abbau ist die richtige Bezeichnung biologisch abbaubar. [12] Zu beachten ist jedoch, dass sich EN 13432 speziell auf das industrielle Kompostieren bezieht und auf eine Kompostierung für zu Hause nicht eingegangen wird. Es gibt lediglich einzelne nationale Standards, welche Materialien für eine Kompostierung zu Hause zertifizieren. [13] Das Umweltbundesamt in Deutschland hält die Kompostierung der biologisch abbaubaren Kunststoffe generell für nicht sinnvoll. Außerdem kritisieren sie, dass keine wertgebenden Kompostbestandteile entstehen, sondern ausschließlich CO₂ und Wasser, sofern die Rottezeiten in industriellen Anlagen überhaupt eingehalten werden können. Hier wird eine absolut gegensätzliche Position bezogen, als es im vorigen Absatz aus dem 21. Leobener Kunststoff-Kolloquium [11] zitiert wurde. Laut dem deutschen Umweltbundesamt sollte, sofern ein Recycling nicht möglich ist, eine Verbrennung unter Nutzung der Energie erfolgen. Im Bericht wird weiters seitens der europäischen Verbände der Kunststoffproduzenten und Kunststoffverarbeiter eine mögliche Verschärfung der Landschaftsvermüllung (Littering) betont und die Bundesgütegemeinschaft Kompost e.V. sieht die biologisch abbaubaren Biokunststoffe als Störfälle im Kompost, wodurch die Entsorgung über den Biomüll abgelehnt wird. [14, S. 7–9] Weiters ist auch die Entsorgung über den normalen Kunststoffmüll problematisch, da sie die Qualität des recycelten herkömmlichen Kunststoffes vermindern. Wie bereits beschrieben, sind auch die Produkte aus der Kompostierung nicht

nützlich. Daher scheint die sinnvollste Verwertung über den Restmüll und schließlich die über Verbrennungsanlagen zu sein, wodurch die freiwerdende Energie thermisch genutzt werden kann. [15]

Laut des österreichischen Umweltministeriums bieten biologisch abbaubare Biokunststoffe den Vorteil einer hohen Wasserdampfdurchlässigkeit, sodass sie im Einsatz als Verpackung von Obst, Gemüse und Gebäck das natürliche Aroma schützen und die Haltbarkeit verlängern. Außerdem können sie in Kompostieranlagen zu wertvollem Humus abgebaut werden und reduzieren Entsorgungskosten und Arbeitsaufwand. Biokunststoffe im Gesamten können weiters auch recycelt oder energetisch verwertet werden, schaffen Unabhängigkeit gegenüber dem Import von fossilen Rohstoffen und tragen zum Klimaschutz bei, da sie im Vergleich zu konventionellen Kunststoffen etwa 30 bis 70 % weniger CO₂-Emissionen verursachen. Biobasierte Kunststoffe sind sogar CO₂-neutral. [12, S. 8–9]

Biobasierte Kunststoffe hingegen verweisen darauf, dass sie aus der Natur und somit auch aus nachwachsenden Rohstoffen gewonnen wurden. Sie müssen aber nicht biologisch abbaubar sein. Der Vorteil dieser, im Vergleich zu fossilen Kohlenwasserstoffen, ist, dass bei einer Verbrennung nur jenes CO₂ in die Umwelt gelangt, das zuvor noch für das Wachstum der Pflanzen nötig war, und nicht jenes, das bereits vor hunderten Millionen Jahren umgesetzt wurde. Gewonnen werden sie aus Zucker, Stärke, Proteine, Cellulose, Lignin, Bio-Fette und Öle. Als Beispiele lassen sich Polylactide, Polyhydroxyalkanoate, Cellulose- und Stärkederivate, aber auch gewöhnliches Polyethen anführen. Dieses wird z.B. in Brasilien aus Bioethanol, welcher aus Rohrzucker gewonnen wird, hergestellt. [11, S. 84–85]

Das Umweltbundesamt in Deutschland sieht in den Biokunststoffen generell keinen ökologischen Vorteil, da durch den Anbau der Pflanzen Böden stärker versauert und Gewässer mehr eutrophiert werden als bei herkömmlichen Kunststoffen und höhere Feinstaubemissionen entstehen. Als positiv wird lediglich die Klimabilanz genannt. [16]

Zusammenfassend zeigt sich, dass sehr stark differenzierte Meinungen vorliegen, was eine momentane Beurteilung der Verwendung erschwert. Jedenfalls ein Vorteil ist, dass mit Hilfe dieser Kunststoffe eine positive Klimabilanz verzeichnet werden kann. Die Entsorgung selbst stellt solange eine Problematik dar, bis Entsorgungshinweise oder auch Entsorgungssysteme eingeführt werden, welche die Bevölkerung nützen kann. Auch muss es definitiv für die Entsorgungsanlagen Vorschriften geben, sodass der Kunststoff nach der industriellen Kompostierung vollständig abgebaut wird. Dass ein Kunststoff, der beispielsweise außer Polyethen-Ketten kaum weitere Zusatzstoffe enthält, auch keine Nährstoffe für den Kompost liefern kann, steht außer Frage. Schlussendlich müsste es auch für den Anbau der Pflanzen, die

zu Biokunststoffen weiterverarbeitet werden, Richtlinien für eine umweltschonende Behandlung geben. Werden all diese Voraussetzungen geschaffen, so könnte sich der Biokunststoff langsam durchsetzen, da viele Bedenken und Gegenargumente aus dem Weg geräumt wären.

4.2.3 Konservendosen

Auf Konservendosen wird nahezu immer darauf hingewiesen, dass der Inhalt nach dem Öffnen in einen nicht-metallischen Behälter umgeleert werden soll.

Grund dafür ist die mögliche Korrosion des Metalls bei der gleichzeitigen Anwesenheit von Feuchtigkeit, Elektrolyten und Sauerstoff. Treten nun Korrosionsvorgänge auf, so können erhebliche Mengen an Metallionen auf das Lebensmittel übergehen. [17, S. 979]

4.2.3.1 Aluminium

Wird Aluminium für die Konservierung von Lebensmitteln verwendet, so wird es entweder in reiner Form eingesetzt oder in Legierungen mit geringen Mengen an Magnesium, Mangan, Eisen, Kupfer und Zink. Neben der Leichtigkeit hat es auch die Vorteile, dass es stoff- und lichtundurchlässig ist. Es kann daher auch sehr gut für den Einsatz in Verbundstoffen verwendet werden. Da vor allem bei sauren Lebensmitteln hohe Übergänge an Aluminium zu erwarten sind, werden Getränkedosen aus Aluminium innen lackiert. Nicht verarbeitete Lebensmittel können zwischen 0,1 und 20 mg/kg Aluminium enthalten, was die Hauptquelle für die natürliche Aluminiumaufnahme ist. Bei der Verwendung von Aluminiumfolien und -schalen liegen die gemessenen Werte, je nach Lebensmittel, bei maximal 1 - 2 mg/kg. Aluminium und seine Verbindungen gelten als wenig toxisch, wobei der Hauptteil über die Nieren ausgeschieden wird. Die WHO und das Bundesinstitut für Risikobewertung in Deutschland haben festgestellt, dass es keinen Zusammenhang zwischen Alzheimer und einer erhöhten Aluminiumaufnahme über Lebensmittel gibt. Dennoch sollte bei Lebensmittel, die eine Reaktion von Aluminium mit Säuren und Salzen auslösen, auf den direkten Kontakt verzichtet werden. [17, S. 980–981]

4.2.3.2 Weißblech

Weißblech ist ein dünn ausgewalztes Stahlblech, welches mit einem Zinnüberzug versehen wird, um es vor Korrosion zu schützen. Das Reinzinn oxidiert relativ schnell und hat auch eine schlechte Haftung für Lacke. Daher wird die Oberfläche mit Öl passiviert. Um keine Wechselwirkung zwischen dem Lebensmittel und dem Weißblech hervorzurufen, wird ein dünner Schutzlack aufgebracht, welcher häufig aus Epoxidharzbeschichtungen besteht. Dadurch kann nur bei Korrosionsvorgängen aufgrund fehlerhafter oder beschädigter Stellen des Schutzlacks eine nicht erwünschte Migration des Metalls auf das Lebensmittel erfolgen. [17, S. 981]

Sind besonders saure Lebensmittel in Weißblechdosen gelagert, können oft beträchtliche Mengen Zinn gelöst werden. Ein Fruchtsaft aus Ananas und Pampelmusen, welcher in

mangelhaft verzinnten Kannen transportiert wurde, enthielt zum Beispiel einen Zinngehalt von 2 g/l. Im Allgemeinen liegen die Zinngehalte von Lebensmitteln in Weißblechdosen unter 50 mg/kg. In Form von anorganischen Verbindungen wird Zinn nur wenig resorbiert, weshalb es wenig toxisch ist. Organische Zinnverbindungen weisen hingegen eine hohe Toxizität auf. [18, S. 437–438] Der Höchstgehalt von Zinn ist nach EG-Verordnung 1881/2006 in Lebensmittelkonserven mit 200 mg/kg, in Dosengetränken sowie Frucht- und Gemüsegetränken mit 100 mg/kg festgelegt. [19]

4.2.4 Verbrennung von Packmitteln

Der Verbrennungsvorgang kann in die Teilprozesse Trocknung, Entgasung/Pyrolyse, Vergasung und Verbrennung (vollständige Oxidation) eingeteilt werden. Die Trocknung, bei der das Wasser verdunstet, findet bei 200 °C statt. Bei der Entgasung/Pyrolyse finden endotherme Zersetzungsreaktionen ohne Vergasungsmittel bei 150 - 650 °C statt, bei 650 - 900 °C wird fester Kohlenstoff durch partielle Oxidation mit Hilfe eines Vergasungsmittels wie Sauerstoff umgesetzt und abschließend werden bei der Verbrennung alle gasförmigen Verbindungen bei 750 - 1100 °C vollständig zu Kohlenstoffdioxid und Wasserdampf oxidiert. [20, S. 616–617]

Von einer vollständigen Verbrennung spricht man, wenn der Brennstoff (ein Kohlenwasserstoff) und das Oxidationsmittel (z.B. Sauerstoff) sich gegenseitig vollständig verbrauchen. Dabei wird, wie auch im vorigen Absatz angeführt, lediglich Kohlenstoffdioxid und Wasser gebildet. Liegt ein Überschuss des Brennstoffes vor, so nennt man die Verbrennung fett, bei einem Überschuss des Oxidationsmittels nennt man sie mager. [21, S. 5]

Aufgrund der zunehmenden Umweltbelastung muss eine Minimierung aller aus den Verbrennungsprozessen resultierenden Schadstoffe erfolgen. Auch die Hauptprodukte Kohlenstoffdioxid (Treibhaus-Effekt) und Wasser (im Falle der Freisetzung in der oberen Atmosphäre) müssen heute als Schadstoffe angesehen werden. Eine besondere Bedeutung haben die Stickoxide. So wurde in den letzten Jahrzehnten klar, dass NO und NO₂ (zusammen als NO_x bezeichnet) in der Troposphäre die Bildung des Ozons und des photochemischen Smogs begünstigen. Auch sind sie an der Kettenreaktion beteiligt, die das stratosphärische Ozon abbauen, wodurch mehr UV-Strahlung die Erdoberfläche erreicht. NO_x kann dabei aus Luftstickstoff bei hohen und niedrigen Temperaturen oder aus brennstoffgebundenem Stickstoff gebildet werden. Möchte man die NO_x-Emissionen reduzieren, so kann man Primärmaßnahmen, welche die Bildung von NO_x während der Verbrennung verhindern, und Sekundärmaßnahmen, die NO_x zu relativ ungefährlichen Produkten abbauen, durchführen. [21, S. 259]

Außer Stickoxide können auch unverbrannte Kohlenwasserstoffe, polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe und Ruß als unerwünschte Schadstoffe entstehen. Unverbrannte Kohlenwasserstoffe entstehen dabei durch eine nicht vollständige Verbrennung. Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) bauen sich aus kleinen Kohlenwasserstoffbausteinen in

der Flamme auf. Dies erfolgt vor allem bei fetter Verbrennung, bei welcher der wichtigste Vorläufer für die PAK das Ethin ist, welches in brennstoffreichen Flammen in hoher Konzentration gebildet wird. Die PAK sind außerdem zum Teil karzinogen. Das weitere Wachstum der PAK führt zum Ruß. Als Erstes wird hier eine teilchenartige Struktur durch Zusammenlagerung von Molekülen gebildet. Anschließend findet ein Oberflächenwachstum dieser Teilchen statt, bei welchem sich vorwiegend Acetylen addiert und eine Koagulation stattfindet. [21, S. 281–286]

Ruß wird auch in der Industrie, wie zum Beispiel für die Reifenherstellung, eingesetzt. Dabei wird er jedoch so verarbeitet, dass er aus schlecht kristallisiertem, mehr oder weniger verunreinigtem, mikrokristallinem Graphit besteht. [22, S. 517]

Ein Rückstand aus der Verbrennung organischen Materials kann auch die Asche sein. Sie besteht aus mineralischen Bestandteilen und ist je nach Zusammensetzung gefärbt. Die Verbrennung ist vollständig, wenn der gesamte Kohlenstoff verbrannt ist. [23, S. 306] Dies hat zur Folge, dass die Asche umso reiner ist, je vollständiger die Verbrennung abgelaufen ist. Enthalten sind in den Aschen Nährstoffe wie CaO, MgO, K₂O, P₂O₅ und Na₂O, aber auch Schwermetalle wie Cu, Zn, Co, Mo, As, Ni, Cr, Pb, Cd, V und Hg. Der einzig fehlende Nährstoff ist Stickstoff, da er bei der Verbrennung nahezu vollständig entweicht. [24, S. 207–209]

Nachfolgend wird ein Einblick in die Verbrennung von Kunststoff und Papier gegeben:

4.2.4.1 Kunststoff

Hier werden als Beispiel für die Verbrennung Polyethan und Polyvinylchlorid (PVC) angeführt: Polyethan verbrennt wachsartig, das heißt, es tropft mit heller Flamme brennend ab. Es entstehen dabei keine umweltgefährdenden Schadstoffe [25, S. 148], wobei es sich bei den Hauptprodukten um Wasser und Kohlenstoffdioxid handelt.

Die Verbrennung von PVC hat neben Kohlenstoffdioxid und Wasser auch Chlorwasserstoff als Produkt. Chlorwasserstoff kann dabei durch Rauchgaswäsche abgetrennt und die gewonnene Salzsäure industriell verwertet werden. [25, S. 326]

Bei weiteren Kunststoffprodukten können, je nachdem ob sie vollständig oder unvollständig verbrannt werden und auch abhängig davon welche Zusatzstoffe verwendet werden, Ruß, Formaldehyd, Kohlenstoffmonoxid, Tetrahydrofuran, Terephtalsäure, Schwefeldioxid und Schwefeltrioxid, Kohlenwasserstoffe, Schwefelverbindungen und Siliciumdioxid entstehen. [25]

4.2.4.2 Papier

Holz ist das Ausgangsmaterial für die Papierherstellung und besteht im Wesentlichen aus Cellulose und Lignin. Des Weiteren weist es anorganische und organische Inhaltsstoffe zu geringen Prozentanteilen auf. Bei diesen handelt es sich zum Beispiel um Fette, Öle, Harze,

Wachse, Eiweiße, Stärke, Zucker, Holzgummi, Alkaloide, Gerb-, Farb-, Bitter- und Riechstoffe, Kampfer, anorganische und organische Säuren und Salze sowie Mineralstoffe. [26, S. 20]

Bei der Verbrennung können nun neben dem Wasser und dem Kohlenstoffdioxid entsprechende Nebenprodukte entstehen, welche nicht nur von den ursprünglich enthaltenen Stoffen abhängig sind, sondern auch von den bei der Herstellung eingesetzten Stoffen.

4.2.4.3 Nutzen der Verbrennung

Wie bereits erwähnt, werden sowohl Papier als auch Kunststoff recycelt oder verbrennt, wobei Papier teilweise sogar zu 100 % dem Recyclingprozess zugeführt wird.

Für vermischte Kunststofffraktionen ist die Verbrennung derzeit die wirtschaftlichste Lösung. [20, S. 12]

Durch Abfallbeseitigung über die Müllverbrennungsanlagen wird Energie erzeugt, welche für Fernwärmenetze und für die Versorgung kommunaler Einrichtungen verwendet wird. [10]

Mit Hilfe der Wärmeenergie werden jedoch nicht nur Objekte beheizt, sondern sie kann auch zur Stromerzeugung verwendet werden. [27]

4.2.5 Vergleich von Flaschen aus unterschiedlichen Verpackungsmittel

Die folgende Tabelle soll einen Überblick über die Anforderungen von Flaschen aus verschiedenen Packmitteln geben, um den Unterschied deutlich zu machen.

Anforderung	Kunststoff	Glas	Metall
Der Verpackungsanteil am Gesamtgewicht ist niedrig.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Hohe Stabilität	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Eine wiederholte Verwendung ist ca. 50 mal möglich.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Aromastoffe werden durch die Verpackung kaum aufgenommen.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Die Verpackung lässt einen CO ₂ Austritt unter festem Verschluss nicht zu.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Die Verpackung lässt einen Wasserdampf Eintritt bzw. Austritt unter festem Verschluss nicht zu.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Die Verpackung lässt einen O ₂ Eintritt bzw. Austritt unter festem Verschluss nicht zu.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Tabelle 1: Vergleich von Flaschen aus unterschiedlichen Verpackungsmittel [17, S. 980–981; 28, S. 85]

4.3 Konservierung mit Hilfe von Lebensmittelverpackungen

Umgebungseinflüsse sind die entscheidenden Faktoren in der Qualitätsabwertung von Lebensmitteln. Das Verpacken bildet somit eine verfahrenstechnische Maßnahme zur Qualitätserhaltung der Lebensmittel. [29, S. 57] Die Auswirkungen der Dichtigkeitseigenschaften des Packmittels auf das Lebensmittel werden im Folgenden dargestellt.

4.3.1 Verpackung wasserdampfeempfindlicher Lebensmittel

Der Wassergehalt bzw. die Gleichgewichtsfeuchtigkeit oder Wasseraktivität in Lebensmitteln beeinflussen bei entsprechender Temperatur in hohem Maße die Verderblichkeitsreaktionen. Die Wasseraktivität a_w ist dabei definiert als

$$a_w = \frac{p}{p_0},$$

wobei p dem Wasserdampfpartialdruck im Lebensmittel bei gegebener Temperatur und p_0 dem Sättigungsdruck des reinen Wassers bei gegebener Temperatur entspricht. Die Gleichgewichtsfeuchtigkeit ist dabei $\varphi = a_w * 100$, ausgedrückt in % des Sättigungswertes. [29, S. 34–39]

Die Geschwindigkeit des Abbaus von Vitamin C in Lebensmitteln nimmt mit einem steigendem Wassergehalt zu, was mit der zunehmenden Mobilität der Wassermoleküle zu begründen ist. Weiters hat ein steigender Wassergehalt auch den Anstieg der Reaktionsgeschwindigkeit von enzymkatalysierten hydrolytischen und oxidativen Reaktionen zur Folge, da die Wassermoleküle als Transportmittel der Substratmoleküle zum Enzym dienen. Zum Beispiel kann hier die Bildung von freien Fettsäuren in Lipase haltigem braunen Reis genannt werden, welche mit der Erhöhung des Wassergehaltes entsprechend ansteigt. Die Gleichgewichtsfeuchtigkeit hat einen hohen Einfluss auf das Wachstum von Bakterien und Hefen sowie von Schimmelpilzen, aber auch auf den Verlust der Knusprigkeit und die Zunahme an Klebrigkeit. [29, S. 34–39] Feuchtigkeit kann nicht nur aufgenommen, sondern auch abgegeben werden, wodurch es zum Austrocknen von Lebensmitteln kommt. Das kann man beispielsweise beobachten, wenn man Brot länger in der Umgebung liegen lässt und es mit der Zeit hart wird.

Für Lebensmittel, die eine wasserdampfdichte Verpackung benötigen, ist entscheidend, dass der Diffusionswiderstand des Packmittels für den Wasserdampf merklich höher ist als jener des Lebensmittels. Erfährt das dicht verpackte Lebensmittel eine Temperaturerhöhung, so kann dies aufgrund der Zunahme der Gleichgewichtsfeuchtigkeit im Lebensmittel zu schnelleren Verderblichkeitsreaktionen führen. Außerdem kann es aufgrund der Temperaturerhöhung zu Kondensationserscheinungen kommen. Treten zu hohe und zu schnelle Temperaturschwankungen auf, so kann beim Abkühlen ein durch einen Temperaturanstieg entstandener Wasserdampf an der Innenwand der Verpackung nicht entsprechend vom Gut resorbiert werden, wodurch es zu einem Anstieg des Wassergehaltes an der Oberfläche des Lebensmittels kommt. Dies führt unter entsprechenden Umständen zu einem beschleunigten

Wachstum von Mikroorganismen. [29, S. 58–60] Unpolare Kunststoffe können als gute Wasserdampfsperren verwendet werden, da keine Wechselwirkungen zwischen den Kunststoff- und den Wassermolekülen auftreten. Anzumerken ist jedoch, dass diese dann aber schlechte Sauerstoffsperren sind. Für polare Kunststoffe tritt der umgekehrte Fall ein. Da sie aber unter Wasserdampfeinfluss quellen, wodurch die Sauerstoffpermeation (siehe 4.3.2) anwächst, können sie ihren vollständigen Schutz nur mit wasserdampfdichten Schichten gewährleisten. [29, S. 10]

4.3.2 Verpackung sauerstoffempfindlicher Lebensmittel

Bei einer entsprechend geforderten Gasdichtigkeit der Verpackung wird diese mit dem Einsatz von Kunststoffen bzw. Kunststoffverbunden als Hülle oder Dichtmittel in Verschlüssen bewerkstelligt. Dabei wird die Gasdurchlässigkeit als Permeation angegeben, welche sich aus den Vorgängen des Lösens und Diffundierens zusammensetzt. [29, S. 61] Im Gegensatz dazu, dass Wasserdampf im Gut nur physikalisch gebunden wird und erst mit der Zeit Reaktionen im Lebensmittel auslöst, reagiert Sauerstoff unmittelbar. [29, S. 41] Bei Lipiden greift der Sauerstoff bei der Oxidation bevorzugt an den α -Methylgruppen, welche den Doppelbindungen ungesättigter Fettsäuren benachbart sind (Allylstellung), an und es werden dadurch die allylständigen Wasserstoffatome im Rahmen einer Radikalkettenreaktion abgespalten. Dabei nimmt die Oxidationsgeschwindigkeit mit zunehmender Anzahl an Doppelbindungen zu. Weiters sind in Pflanzen vorkommende phenolische Verbindungen wie Kaffeesäure, Chlorogensäure, Catechine und Leukoanthocyanidine Substrate für Phenoloxidasen, die einerseits Monophenole zu o-Diphenolen hydroxylieren und andererseits o-Diphenole zu o-Chinonen oxidieren, welche wiederum weitere Reaktionen eingehen können. Bei diesen kann es unter anderem aufgrund der Anwesenheit von Sauerstoff zu Braunfärbungen bei verarbeiteten oder beschädigten Bananen, Äpfeln, Kartoffeln, Pfirsichen und Pilzen kommen. Auch die braune Verfärbung bei hellen Obstsaften und Weinen beruht auf diesen chemischen Vorgängen. Wird diesen Lebensmitteln nun zusätzlich Ascorbinsäure zugeführt, so reduziert diese die bei der Oxidation von Polyhydroxyphenolen entstandenen Orthochinone wieder zu den farblosen Ausgangsstoffen. Erst wenn die Ascorbinsäure verbraucht ist, treten die Bräunungsreaktionen auf. [29, S. 8–13] Als Antioxidationsmittel kann auch Zitronensäure verwendet werden. Neben der Schaffung eines sauren Milieus, wodurch das Oxidationspotential abnimmt, wird auch das Enzym Catechol-Oxidase, welches für die Bräunung verantwortlich ist, inaktiviert. [30]

Um den Sauerstoffgehalt rund um das Lebensmittel zu vermindern, lassen sich Packmittel entweder als Vakuumverpackungen oder für die Schaffung einer modifizierten Atmosphäre um das Packgut verwenden. Jedoch ist nicht nur eine sauerstoffarme Umgebung relevant, sondern auch ein sauerstoffreies Abfüllen wie zum Beispiel bei Speiseöl, bei welchem die Sauerstofflöslichkeit sechsmal höher ist als in Wasser. Vakuumverpackungen zeigen den Vorteil, dass man sich den Einsatz von Schutzgas erspart, haben aber den Nachteil, dass sie weder bei

mechanisch empfindlichen Gütern noch bei Gütern mit scharfen Kanten verwendet werden können. Eine vollständige Hemmung des Schimmelpilzwachstums ist erst bei einer Sauerstoffkonzentration von 0,1 % zu erwarten. Dies ist aber im praktischen Betrieb schwer zu erreichen, vor allem wenn der Sauerstoff im Gut gelöst oder in Poren eingeschlossen ist. Im Einsatz einer modifizierten Atmosphäre sind Stickstoff und Kohlenstoffdioxid als sauerstofffreie Schutzgase gleichermaßen verwendbar. Kohlenstoffdioxid ist dabei zum Beispiel im Einsatz bei Frischfleisch zu bevorzugen, wenn man einen bakterientötenden Effekt anstrebt. Zusammen mit einer kalten Lagerung wirkt es noch besser, da dadurch die Löslichkeit vom CO₂ und somit der abtötende Effekt zunimmt. Im Allgemeinen ist der Einsatz einer CO₂-Schutzgasatmosphäre vor allem bei Produkten, die eine entsprechende Feuchtigkeit aufweisen und hauptsächlich durch Schimmelpilze verderben, maßgeblich, da sie damit auch bei Raumtemperatur über längere Zeit geschützt werden können. Stickstoff sollte dann bevorzugt werden, sobald Kohlenstoffdioxid in wässrigen Lebensmitteln eine säuerlich-prickelnde Geschmacksnote hervorrufen würde. Weiters kann die Verwendung von Kohlenstoffdioxid vermindert werden, sobald mehr davon durch die Verpackung nach außen gelangt als Sauerstoff nach innen kommt. Dadurch würde sich ein zu hoher Unterdruck ergeben. Steuern kann man dies aber mit der Verwendung eines Gemisches aus Stickstoff und Kohlenstoffdioxid. Liegt bei Fleisch und Geflügelprodukten eine zu hohe CO₂-Konzentration vor, so werden sie missfarbig. [29, S. 63–66]

Stickstoff und Kohlenstoffdioxid wirken, wie bereits beschrieben, bakterienhemmend. Sauerstoff ist jedoch für die rötliche Färbung von Fleisch notwendig, da es das Myoglobin zu Oxy-myoglobin oxidiert, bei welchem zweiwertiges Eisen vorliegt. Dadurch bleibt der Frischeeindruck erhalten und das Fleisch erhält keine grau-braune Färbung, welche auf das Metmyoglobin zurückzuführen ist. Bei diesem liegt das Eisen in seiner dreiwertigen Form vor. Beim Schweine- und Rindfleisch wird dafür eine Mischung von ca. 60 - 80 % Sauerstoff und 20 - 40 % Kohlenstoffdioxid eingesetzt, wodurch eine längere Haltbarkeit unter Kühlung wirksam wird. Diese längere Haltbarkeit ist dabei hauptsächlich auf das Kohlenstoffdioxid zurückzuführen. [31] Weiters gibt es auch noch das purpurrote Desoximyoglobin (auch als Myoglobin bezeichnet), welches die sauerstofffreie Form ist und in sehr sauerstoffarmer Umgebung entsteht. Die Metmyoglobinbildung ist von der Höhe des Sauerstoffpartialdruckes abhängig und ist bei einem Wert von 2 bis 33 mbar O₂-Partialdruck am höchsten. [6, S. 200]

Auch Vitaminverluste können aufgrund einer sauerstoffreichen Umgebung und den damit verbundenen oxidativen Abbau auftreten. Relativ instabil gegenüber Sauerstoff zeigen sich die Vitamine A, B₁, B₁₂, Folsäure, p-Aminobenzoesäure sowie Vitamin C, D und E. [29, S. 21–22] Schlussendlich sind auch Aromastoffe durch Sauerstoff gefährdet. So zählen z.B. Röstkaffee, Schwarztee, Fruchtsäfte, Wein und Bier zu jenen Lebensmitteln, welche primär durch Aromaoxidation geschädigt werden. [6, S. 179]

4.3.3 Verpackung und Kohlenstoffdioxid

Kohlenstoffdioxid wird außer als Schutzgasatmosphäre auch bei Getränken zur Konservierung eingesetzt. Die Wirkung von Kohlenstoffdioxid beruht auf mehreren Faktoren. Neben der Verdrängung von Sauerstoff, welcher für viele Mikroorganismen lebensnotwendig ist, hat es eine antimikrobielle Wirkung, da es in den Atmungsstoffwechsel verschiedener Mikroorganismen eingreift. Schließlich kann es bei entsprechend hohen Mengen die pH-Verhältnisse auf der Lebensmitteloberfläche verändern, sodass Mikroorganismen dort ihre Lebensfähigkeit verlieren. [32, S. 80] Grundsätzlich werden die Mikroorganismen aber nicht abgetötet, sondern lediglich ihr Wachstum gehemmt. [32, S. 81]

Vergleicht man bei den Packmitteln nun Glas, Kunststoff und Weißblech bzw. Aluminiumdosen, so zeigt sich, dass bei Glasflaschen die Schwachstelle nur an der Dichtungsmasse im Verschluss liegt. Dafür wird lineares Polyethen mit geringer Dichte (PE-LD) bei Kronkorken, Weich-PVC bei Aluminiumverschlüssen und Dichtungsmassen auf PE-Basis bei Polyethen- bzw. Polypropylenverschlüssen eingesetzt. Bei Flaschen aus Polyethylenterephthalat (PET) diffundiert CO₂ auch durch die Wandung. Dies geschieht vor allem bei dünnwandigen Flaschen. Als CO₂-Sperrschicht könnte hier zum Beispiel eine Polyamidschicht verwendet werden, welche zwischen zwei PET-Schichten liegt. Bei Flaschen aus Polyethen mit geringer Dichte (PE-LD) wäre die Durchlässigkeit von CO₂ am größten. Getränkedosen aus Weißblech oder Aluminium zeigen eine nahezu vollständige Undurchlässigkeit von CO₂, da der Falz der Dosen ein Compound (Synthese-Kautschuk) enthält. [28, S. 26–27]

Zusammengefasst lässt sich sagen, dass die Metalldose am dichtesten ist, gefolgt von der Glasflasche, einer dickwandigen und schlussendlich einer dünnwandigen PET-Flasche.

4.3.4 Verpackung lichtempfindlicher Lebensmittel

Ein erhöhter Qualitätsverlust kann aufgrund einer stattfindenden Reaktion mit Sauerstoff unter Lichteinfluss auftreten. Die Fotooxidation wird dabei je nach Anteil der Ultraviolettstrahlung erhöht, wobei der Temperatureinfluss hierbei gering ist. So kann zum Beispiel farbempfindliches Gemüse in einer lichtdurchlässigen Verpackung in belichteten Truhen auch bei sehr tiefen Temperaturen unansehnlich werden. Sowohl Fette und Öle, als auch das Methionin in der Milch, Vitamin C, B₁ und B₂ sowie eine Reihe von Aminosäuren weisen eine Lichtempfindlichkeit auf. Bei der Milch führt der Lichtgeschmack daher, dass Methionin zu Methional oxidativ mit Vitamin B₂ als Sensibilisator abgebaut wird. Für Vitamin B₂ zeigt sich der Wellenlängenbereich von 415 - 455 nm als sehr schädlich, wobei das Reaktionsprodukt Lumiflavin den Abbau von Vitaminen, wie zum Beispiel Vitamin C, katalysieren kann. Der UV-Einfluss ist für den Abbau von Vitamin C und B₁ in der Milch verantwortlich. Die Radikal-Kettenreaktion, die bei ungesättigten Fettsäuren mit Sauerstoff auftritt, bezeichnet man als Autoxidation, wobei der Verderb durch oxidative Ranzigkeit auftritt. Das Primärradikal wird durch die Energiezufuhr in Form von Licht

wesentlich schneller gebildet. Kurzwelliges Licht katalysiert verstärkt die autokatalytische Radikalkettenreaktion. Grünglas absorbiert Licht erst bei 400 - 500 nm, Braunglas ab 600 nm, wodurch die Hemmwirkung beschränkt ist. [29, S. 46–47] Weißglas hat eine sehr hohe Lichtdurchlässigkeit und PE-Karton-PE weist eine sehr niedrige Durchlässigkeit auf (siehe Abbildung 2). [28, S. 23] Im Gegensatz zu Kunststoffen ist Gebrauchsglas für die hohe Strahlenwirkung im UV-Bereich sehr undurchlässig. Daher ist bei Kunststoffen die Verwendung eines UV-Filters zur Ausblendung der Strahlung unter 400 nm bei entsprechenden Lebensmitteln, wie zum Beispiel Sonnenblumenöl oder auch Schweinefett, welches außerdem keine natürlichen Antioxidantien aufweist, erforderlich. Beachtet sollte aber werden, dass ein Qualitätsverlust nicht ausschließlich durch Oxidation auftritt, sondern das gesamte Umfeld betrachtet werden muss. So kann zum Beispiel auch die Qualität der Rohware oder Schädigungen des Fettes durch das Frittieren eine Rolle spielen. [29, S. 46–47]

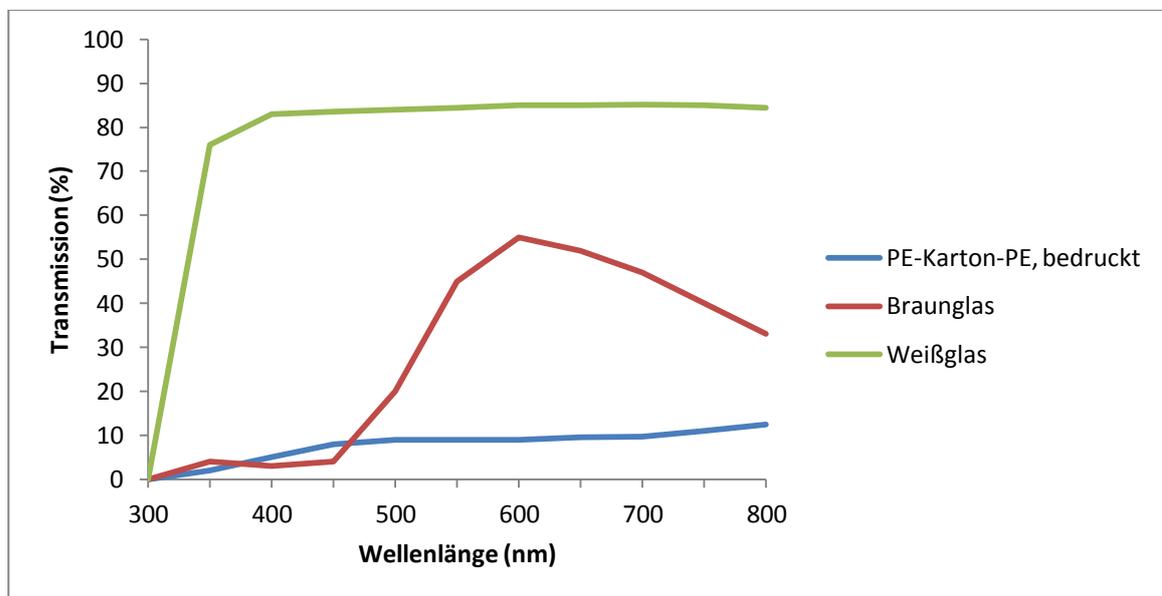


Abbildung 2: Maximale Lichtdurchlässigkeit der Wandflächen verschiedener Joghurtbehälter [28, S. 23]

Die Sauerstoffaufnahme unter Lichteinwirkung (Fotooxygenierung) setzt im Vergleich zur nicht-katalysierten Autoxidation sofort ein. Wie bei der Autoxidation bilden sich Hydroperoxide der ungesättigten Fettsäuren, die zu oxidationsbeschleunigenden Radikalen zerfallen. Zwei Arten werden bei der Fotooxygenierung unterschieden. Einerseits kann das eingestrahlte Licht einen Sensibilisator aktivieren, der mit dem Substrat unter Bildung von Radikalen wechselwirkt, und andererseits wird der Sauerstoff durch den angeregten Sensibilisator in den ersten Singulettzustand überführt. Dabei ist bei der zweiten Variante wesentlich weniger Energie erforderlich. Der Singulett-Sauerstoff reagiert nun direkt mit den Doppelbindungen ungesättigter Fettsäuren über eine Cyclo-Addition, wobei die Doppelbindung zur Allylstellung hin verschoben und in die Trans-Konfiguration umgewandelt wird. [29, S. 47–48]

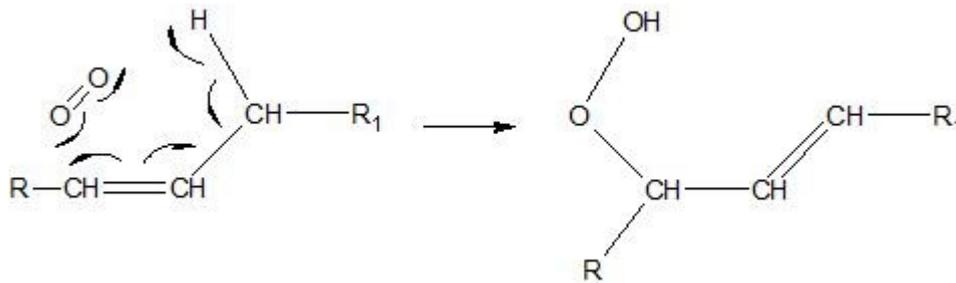


Abbildung 3: Reaktion des Singulett-Sauerstoffs mit einer ungesättigten Fettsäure [29, S. 47]

Damit eine Reaktion stattfindet, ist stets die gleichzeitige Anwesenheit von Fett und Sensibilisatoren erforderlich. Der Qualitätsverlust kommt außerdem im sauerstofffreien Milieu und im Dunkeln nicht zu tragen. Zu den wichtigsten Sensibilisatoren zählen Chlorophyll a und b sowie Riboflavin. Riboflavin führt auch bei Peptid- und Eiweißbausteinen sowie schwefelhaltigen Aminosäuren aufgrund von chemischen Veränderungen zu einem Lichtgeschmack. [29, S. 47–48]

Die Fotooxygenierung wird durch die üblichen Antioxidantien, welche als Radikalfänger dienen, nicht gehemmt, da sie selbst keine radikalische Ursache hat. Als Hemmer werden daher α -Tocopherol, welches mit dem Singulett-Sauerstoff reagiert, und Carotinoide, welche den Singulett- zum Triplett-Sauerstoff überführen und auch den Energietransfer vom angeregten Chlorophyll verhindern, eingesetzt. [29, S. 48]

All diese Erscheinungen haben nun zur Folge, dass eine entsprechend lichtdichte Verpackung vonnöten ist. Ansonsten müsste diese vollständig gasfrei und äußerst sauerstoffdicht sein.

4.3.5 Verpackung und Mikroorganismen

Dass eine Gefährdung durch das Packmittel selbst aufgrund von Mikroorganismen auftritt, ist eher unwahrscheinlich. Frische Lebensmittel sind von Natur aus üblicherweise stärker verkeimt als die Packmittel, sodass die Keimbelastung im Normalfall um etwa zwei Zehnerpotenzen niedriger liegt, als die des Füllgutes. Davon ausgenommen sind Lebensmittel, welche durch Schimmelpilze verderben können, wie zum Beispiel Schnittbrot oder Schnittkäse. Hierfür müssen Verpackungen gewählt werden, welche weitgehend von Schimmelpilzsporen befreit sind. [29, S. 75–76]

Zu den Mikroorganismen gehören Bakterien, Hefen und Schimmelpilze. Bei den Bakterien handelt es sich um Einzeller, die keinen echten Zellkern besitzen. Sie sind zum Beispiel gegen hohes Vakuum, hohe Temperaturen, aber auch gegen einer Reihe von Desinfektionsmitteln sehr widerstandsfähig. Hefen sind zirka zehnmal so groß als Bakterien. Sie sind aber nicht hitzeresistent und werden bei feuchter Hitze bereits bei zirka 60 °C in kurzer Zeit abgetötet. Schimmelpilze wachsen unter aeroben Bedingungen und gewinnen Energie durch die Oxidation organischer Substanzen. Auch diese sind nicht sehr hitzebeständig und werden in feuchter Hitze bei 100 °C in wenigen Minuten abgetötet. Die Stoffwechselprodukte einiger Schimmelpilze sind

krebserregende Gifte. Allgemein können die genannten Mikroorganismen die Lebensmittel neben dem Vergiften auch auf enzymatischem Wege verderben. [29, S. 78–81] Als Gegenmaßnahme kann eine Zugabe von mikrobenhemmenden Begleitstoffen erfolgen, der Anfangskeimgehalt gesenkt, der pH-Wert oder auch die Gleichgewichtsfeuchtigkeit erniedrigt werden. Desweiteren spielt der Temperatureinfluss eine Rolle, wobei die relevanteste Möglichkeit, um einen Wachstum zu verhindern, die Herabsetzung der Temperatur ist. Aber auch hier gibt es Unterschiede. So gibt es Bakterien, die noch bei 0 °C und darunter wachsen können und andere, die am besten zwischen 45 und 60 °C wachsen. Die Abtötungsrate selbst spielt bei Bakterien durch das Gefrieren keine Rolle. Besonders kältetolerant sind Schimmelpilze, welche teilweise auch bei -7 °C noch wachsen können. Um die 0 °C liegt die untere Vermehrungsgrenze der meisten Hefen, wobei völlige Sicherheit erst bei -10 °C vorliegt. [29, S. 95–100] Grundsätzlich überleben bei Fleisch und Gemüse 30 bis 70 % und bei Obst 5 bis 10 % des Ausgangskeimgehalts den Gefrierprozess. [29, S. 179]

Schlussendlich ist noch eine sauerstofffreie Lagerung eine Möglichkeit das Mikroorganismenwachstum zu stoppen, wobei es auch Mikroorganismen gibt, die am besten unter sauerstofffreier Bedingung (anaerobe Bedingung) bzw. sowohl unter aeroben und anaeroben Bedingungen wachsen können. Für ein Absterben von aeroben Keimen ist eine völlige Sauerstoffabwesenheit erforderlich. Bei anaeroben Bakterien ist hingegen darauf zu achten, dass eine sauerstoffarme Verpackung gefährdeter Lebensmittel den Kühlschrank nicht ersetzen kann. Schutzgasverpackungen können, je nachdem von welchen Mikroorganismen das Lebensmittel geschützt werden soll, einen Vorteil bringen und zur Unterdrückung des Wachstums führen oder auch keine Auswirkung darauf haben. [29, S. 106–109]

4.3.6 Verpackung für sonstige Wechselwirkungen

Aromaverluste können aufgrund von Wechselwirkungen des Füllgutes mit der Verpackung auftreten. Dabei erfahren unpolare Kunststoffe Wechselwirkungen mit unpolaren Substanzen, was zur Quellung des eingesetzten Verpackungstoffes führt. Selbiges gilt für polare Stoffe. Je dicker der Kunststoff der Verpackung ist, desto mehr Aromastoffe können sich anreichern, wodurch das Aromaprofil des Lebensmittels verändert werden kann bzw. das Aroma generell abnimmt. Zusätzlich kann es auch aus der Verpackung austreten, falls keine Aromabarriere im Packmittel enthalten ist. Neben den Aromaverlusten des Lebensmittels können aber auch Fremdstoffe von außen durch den Kunststoff zum Lebensmittel permeieren oder auch die Migration von Verpackungsbestandteilen, wie Rohstoffmonomere, Fabrikationshilfsstoffe und verschiedene Additive, stattfinden. [29, S. 73]

4.3.7 Zusammenfassung möglicher Veränderungen am Füllgut auf Basis der vorigen Kapiteln

Unkontrollierte Vorgänge	Veränderungen im Lebensmittel
Sauerstoffeintritt	<ul style="list-style-type: none"> • Vitaminabbau • Aromazerstörung • Änderung der Schutzgasatmosphäre • Wachstum von Mikroorganismen • Verstärkung und Beschleunigung von Oxidationen (z.B. das Ranzigwerden von Fetten)
Wasserdampfeintritt	<ul style="list-style-type: none"> • Verlust der Knusprigkeit • Verklumpen von Lebensmittel, die gerne Wasser aus der Luft aufnehmen • Wachstum von Mikroorganismen • Vitaminabbau • Verstärkung und Beschleunigung von Oxidationen (z.B. das Ranzigwerden von Fetten)
Wasserdampfverlust	<ul style="list-style-type: none"> • Austrocknen
Kohlenstoffdioxidverlust	<ul style="list-style-type: none"> • Veränderung von Getränken • Änderung der Schutzgasatmosphäre
Lichteintritt, UV-Strahlung	<ul style="list-style-type: none"> • Verstärkung und Beschleunigung von Oxidationen (z.B. das Ranzigwerden von Fetten) • Vitaminabbau

Tabelle 2: Zusammenfassung möglicher Veränderungen am Füllgut

5 Empirische Studie

Im Zuge der Diplomarbeit wurde eine empirische Studie durchgeführt, um ein Bild darüber zu erhalten, welche Vorstellungen zum Thema Lebensmittelverpackungen und deren chemischen Hintergründe seitens Schüler, aber auch Personen, die die Schule bereits verlassen haben, vorliegen. Aus den Erkenntnissen können einerseits Fehlvorstellungen erkannt und andererseits Maßnahmen für das Aufheben von diesen ergriffen werden.

5.1 Fragebogen und Teilnehmerzahl

Insgesamt wurden 18 Fragen gestellt, wobei im außerschulischen Bereich der gesamte Fragebogen (siehe Anhang) zur Bearbeitung vorgelegt wurde. Im schulischen Bereich wurden die gesamten Fragen zum Zwecke einer kürzeren Bearbeitungszeit auf 2 Fragebögen aufgeteilt, wobei einer 12 und der andere 13 Fragen enthielt. Dabei wurde darauf geachtet, dass diese abwechselnd an die Schüler ausgeteilt wurden.

In Summe wurden 277 Fragebögen bearbeitet - 27 davon im außerschulischen Bereich, 81 in einem Gymnasium (7. und 8. Klasse) und 169 in einer HTL (1. - 5. Klasse). Zwei Fragebögen wurden aufgrund der unseriösen Beantwortung nicht in die Auswertung miteinbezogen.

Das Alter der außerschulisch Befragten lag zwischen 18 und 56 und deren Ausbildung reicht von einem Hauptschul- bis zum Studienabschluss.

5.2 Auswertung der Ergebnisse

Im Folgenden werden die einzelnen Fragen aufgegliedert und das Ergebnis dargestellt. Dabei werden die Ergebnisse im Text als Prozentsatz (z.B. 43 %), in den Diagrammen und Tabellen aber als Dezimalzahl (z.B. 0,43) angegeben. Teilweise wurden Antworten zu Kategorien zusammengefasst, um eine bessere grafische Darstellung zu erhalten. Als Befragungsgruppen sind die jeweiligen Klassen bzw. die außerschulisch befragten Personen gemeint. Gab es außer dem Kategorienamen weitere Antworten, die relevant waren, sind die entsprechenden Kategorien inklusive der Antworten in einer Tabelle dargestellt. Im zusammenfassenden Text am Beginn jeder Frage wird ein Gesamtüberblick zu den Antworten gegeben. Zum Teil werden dabei vor allem Fehlvorstellungen explizit angeführt. Sämtliche weitere Antworten sind den jeweiligen Tabellen zu entnehmen.

In den Diagrammen werden die Ergebnisse wie folgt dargestellt:

- außerschulisch
- Gymnasium - beinhaltet die Klassen 7A, 7B, 8A und 8B, welche meistens auch eigenständig dargestellt sind
- HTL - beinhaltet die acht befragten Klassen, welche größtenteils auch eigenständig dargestellt sind
- gesamt - beinhaltet alle befragten Personen

5.2.1 Frage 1

Welche Aufgaben hat eine Lebensmittelverpackung zu erfüllen?

Wie die Auswertung in Abbildung 4 zeigt, wurden von den direkten Verpackungsfunktionen hauptsächlich die Schutzfunktion, die Funktion der Rationalisierung (Transport- und Lagerfähigkeit) und die Informationsfunktion genannt, wobei die Schutzfunktion von 78 % der Befragten angegeben wurde. Die Informationsfunktion wurde mit 23 % und die Rationalisierungsfunktion mit 16 % wesentlich weniger oft genannt. Auffällig dabei ist jedoch, dass jede der Funktionen von über 50 % der außerschulisch Befragten angegeben wurde. Die Funktion für die Bildung von Einheiten (Portionieren) wurde nur in der HTL (viermal) und Convenience (gut schließen, Stabilität) wenige Male im Gymnasium und der HTL genannt.

Von den indirekten Verpackungsfunktionen wurde die Funktion des Frischhaltens/der Haltbarkeit im Gesamten von über 50 % genannt, wobei hier keine Befragungsgruppe hervorsticht. Schlussendlich wurde noch von einigen angegeben, dass es die Aufgabe von Lebensmittelverpackungen ist, das Gut in Form zu halten.

Nicht explizit genannt wurde, dass die Verpackungen so ausgelegt sein müssen, dass sie die mit Lagerung und Verteilung beauftragten Personen sowie den Verbraucher nicht gefährden dürfen. Dies bedeutet, dass sie selbst keine Schadstoffe an Personen abgeben sollen. Auch der Schutz vor Diebstahl wurde nicht genannt. Weiters fanden auch der Schutz vor konkreten Schädigungen durch Sauerstoff, Wasserdampf und Kohlenstoffdioxid keine Erwähnung und es ist auch der Begriff Aromaverlust bzw. Fremdaromaaufnahme nicht explizit gefallen. Letzteres wurde mit Stoffen, die nicht in das Lebensmittel eindringen oder entweichen sollen, umschrieben.

Ebenso nicht genannt wurde, dass Verpackungen die weltweite Versorgung mit Lebensmitteln ermöglichen.

Fehlvorstellungen sind, dass Luft für das Austrocknen der Lebensmittel verantwortlich ist und Verpackungen Lebensmittel kühlen oder warm halten können. Für den Verderb von Lebensmitteln wurde immer wieder der Begriff der Verwesung verwendet und eine weitere interessante Betrachtung ist, dass die Packmaterialien vorwiegend durchsichtig sein sollten.

Kategorie	vorkommende Antworten
<i>Schutz</i>	Schutz allgemein bzw. vor äußeren Einflüssen; mechanischer Schutz (bei Chips künstliches Volumen schaffen); Schutz vor Schmutz, Schimmel, Feuchtigkeit, Bakterien, Keime, Luft, Wasser, Licht, UV-Licht, Umwelteinflüssen, Hitze, Austrocknen; vor Luft schützen, damit es nicht austrocknet;

	dicht sein (z.B. gegen Wasser, Luft); um Inhalt (sicher) an den Kunden zu bringen bzw. in der Verpackung halten; keine Schadstoffe auf Lebensmittel abgeben/unschädlich für Produkt sein; sie sollen versichern, dass keine Stoffe aus dem Lebensmittel entweichen und dass keine eindringen können (z.B. Gerüche isolieren); widerstandsfähig sein; Verpackung soll nicht durch das Lebensmittel kaputt werden
<i>Frischhalten</i>	je nach Bedarf Inhalt kühlen oder warm halten; Haltbarkeit verlängern; Konservierung; Schutzatmosphäre; Lebensmittel vor Verwesung schützen
<i>Informationsangabe</i>	Haltbarkeitsdatum, Inhaltsangabe, Informationsangaben wie Kalorien- und Fettgehalt, Gütesiegel, Allergene, Herkunft, Preis, Zubereitungsangabe, Werbung, Marketing, Attraktivität
<i>Lebensmittel in Form halten</i>	kein Ausrinnen (Milch); Lebensmittel gut verpacken; Lebensmittel in sich halten
<i>weitere Antworten</i>	Aussehen erhalten; handlich/kompakt; je nach Fall gut schließen; keine giftigen Materialien enthalten; Lebensmittel natürlich verpacken; lebensmittelecht sein; leicht sein; möglichst wenig Platz verbrauchen; nachhaltig produziert; portionieren; umweltfreundlich; umweltgerecht entsorgbar sein; vakuumierfähig sein; wenn möglich zum größten Teil durchsichtig sein (zur Betrachtung der Lebensmittel); Stabilität; recycelbar sein; zur Aufbewahrung

Tabelle 3: Auswertung von Frage 1

Frage 1 - Welche Aufgaben hat eine Lebensmittelverpackung zu erfüllen?

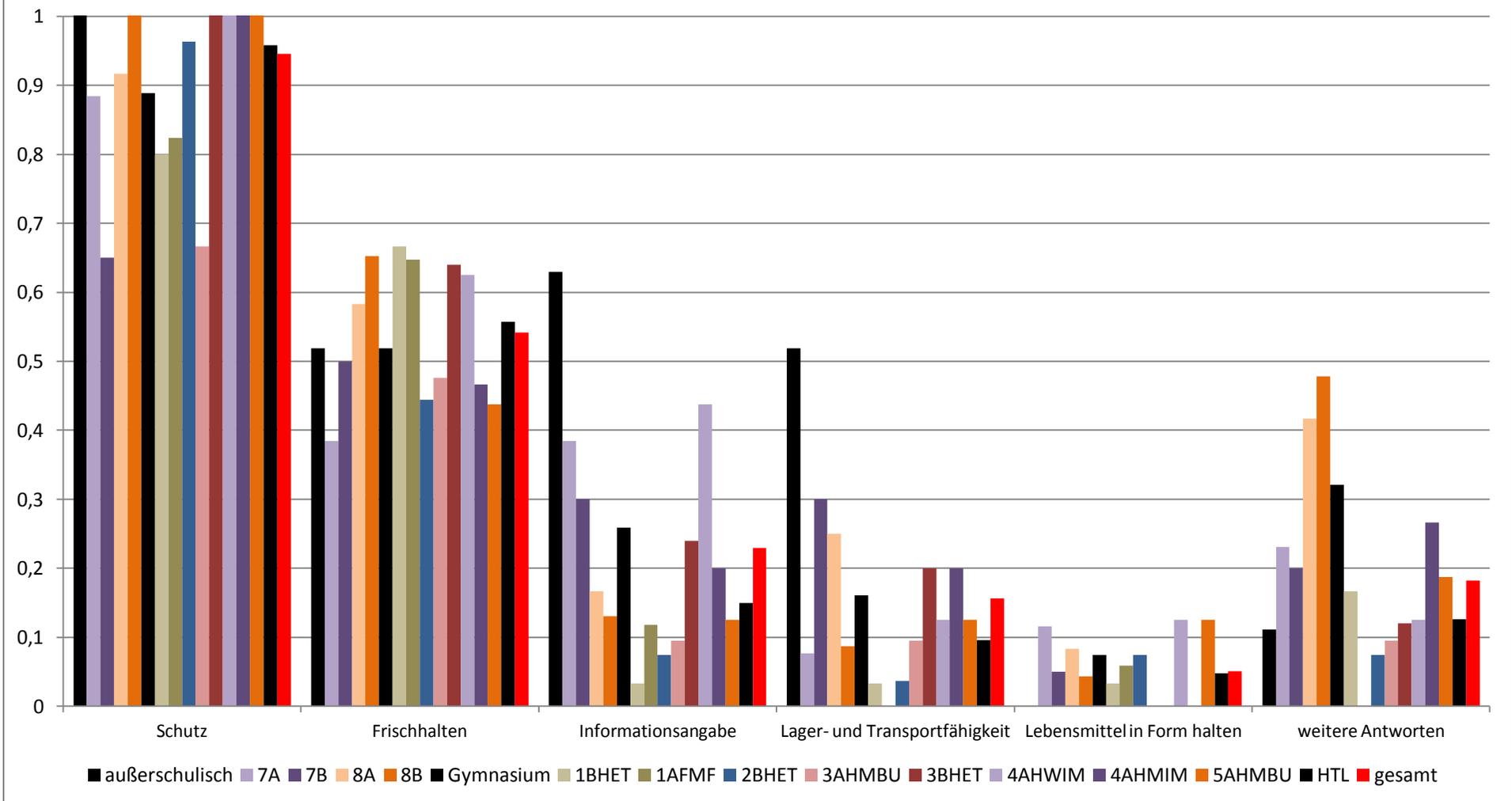


Abbildung 4: Auswertung von Frage 1 über alle Befragungsgruppen und gesamt

5.2.2 Frage 2

Was kann man mit ausgedienten Lebensmittelverpackungen machen?

Wie Abbildung 5 zeigt, gaben über 80 % der Befragten an, dass die Verpackungen wiederverwendet/recycelt werden können. Für weitere 33 % kommt nur ein Wegwerfen in Frage und 29 % würden sie verbrennen. Beim Verbrennen fällt auf, dass dies vor allem die außerschulisch und in der HTL Befragten angaben. Weitere häufige Antworten beziehen sich auf ein richtiges Entsorgen, die Verwendung für das Basteln bzw. für Kunst sowie als Gebrauchsgegenstand.

Dass in etwa ein Drittel der Befragten das Wegwerfen angab, dürfte daran liegen, dass jeder diesen Vorgang durchführt. Was darüber hinaus passiert, wird nicht mehr hinterfragt.

In der Kategorie „weitere Antworten“ wurde genannt:

lagern/deponieren, kompostieren, verbrennen von nicht wiederverwertbaren Materialien, aufbewahren (für anderes verwenden), in Bestandteile zerlegen und erneute Zufuhr, in den Biomüll geben, an Arme spenden

Frage 2 - Was kann man mit ausgedienten Lebensmittelverpackungen machen?

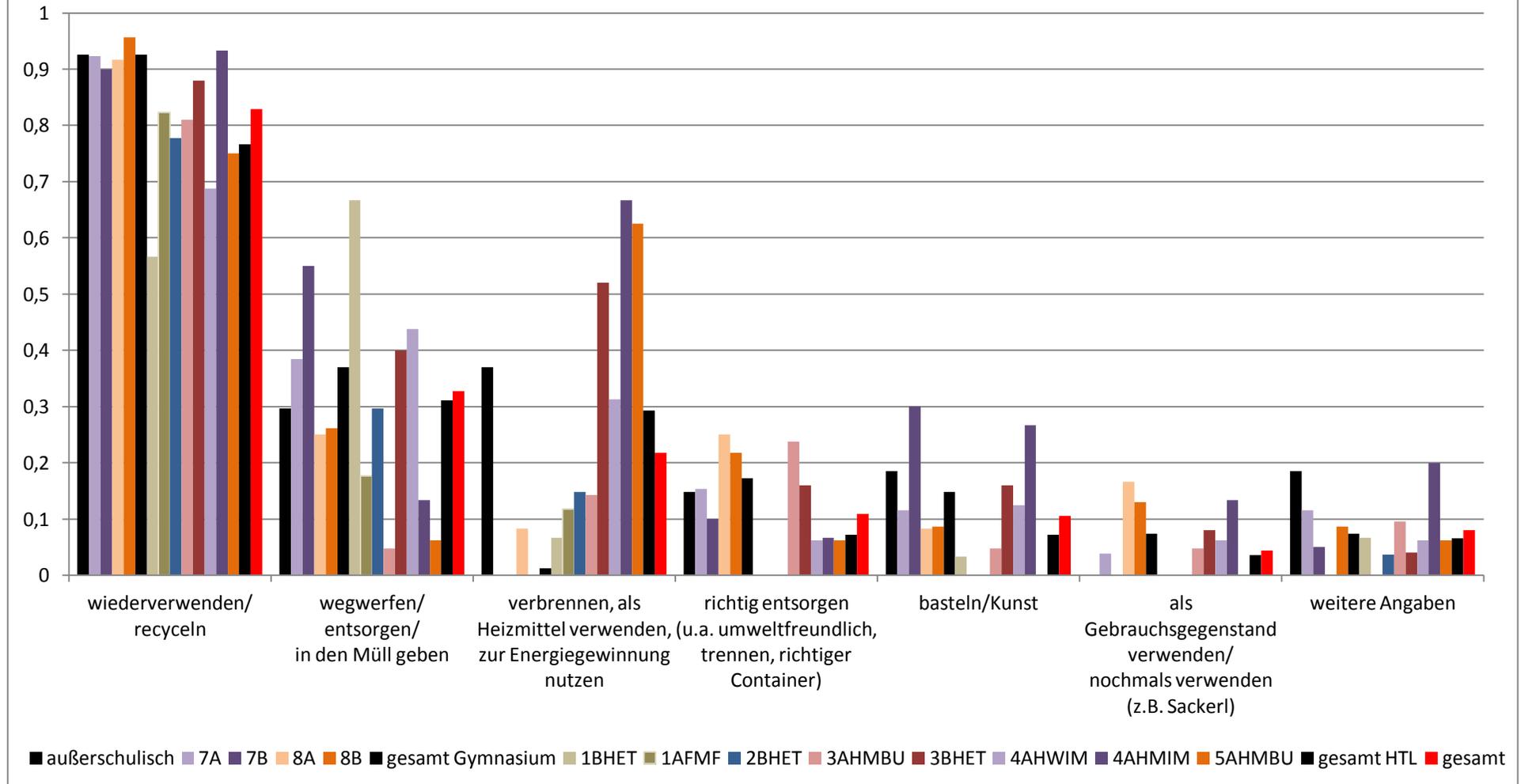


Abbildung 5: Auswertung von Frage 2 über alle Befragungsgruppen und gesamt

5.2.3 Frage 3

Welche Verpackungsmaterialien kennst du?

Metall und Aluminium oder z.B. Plastik, Kunststoff und Cellophan wurden oft von einer Person genannt. Bei der gleichzeitigen Angabe von Kunststoff und Plastik wurde nur Kunststoff als Begriff gewertet.

Die Auswertung zeigt, dass Plastik/Kunststoff als Verpackungsmaterial über 90 % der Befragten bekannt ist. Auffallend ist hier jedoch, dass in einer 8. Klasse Gymnasium und einer 4. Klasse HTL meist nur spezifische Kunststoffe genannt wurden. Dies dürfte darauf zurückzuführen sein, dass das Thema kurz zuvor in der Schule behandelt wurde. Über 70 % der Befragten nannten Papier und zwischen 30 % und 50 % gaben jeweils Glas, Aluminium, Karton und Metall als Verpackungstoffe an.

Vergleicht man die Bekanntheit der Verpackungsmaterialien mit den im Jahr 2009 verwendeten Materialien (siehe 4.2) so zeigt sich, dass jene Materialien, die am häufigsten eingesetzt wurden auch am bekanntesten sind. Glas wurde jedoch im Verhältnis zu seiner weltweiten Verwendung relativ häufig angeführt. Vergleicht man die Zahlen mit den anteilmäßig gesammelten Packstoffen der ARA AG (siehe 4.2), so müsste Papier die größte Bekanntheit aufweisen. Glas und Kunststoff müssten hingegen gleich bekannt sein. Die Auswertung der ARA AG beruht jedoch auf Gewichtsanteile. Da Kunststoffverpackungen wesentlich leichter als Glas sind, hat dies zur Folge, dass in Summe bei gleichem Gewicht mehr Kunststoffverpackungen verwendet werden können. Dies würde auch das Ergebnis widerspiegeln, da viele Personen wesentlich öfter mit einer Kunststoffverpackung in Berührung kommen, als mit einer Glasverpackung.

Abbildung 7 stellt die spezifisch genannten Kunststoffe dar. Es zeigt sich, dass hier Styropor am häufigsten und auch von nahezu jeder Befragungsgruppe genannt wurde. Danach folgen in abfallender Reihenfolge PET, PE, PVC, PTFE und PP.

Kategorie	vorkommende Antworten
<i>Kunststoff spezifisch</i>	Styropor (Polystyren), PET, PE, PVC, PTFE, PP
<i>weitere Antworten</i>	<p><i>Materialien:</i></p> <p>Eisen, Stahl, Plastik aus Mais(stärke), Tierhaut, Leder, Porzellan, Keramik, Cellophan, Zinn, Jute, Öl, Weißblech, Kartoffelstärke, Schutzgas, Hartkunststoff, Biokunststoff, Gummi,</p> <p><i>Produkte und weitere Begriffe:</i></p> <p>Dosen, Blech, Schaumstoff, beschichtetes Papier/Karton, Vakuum(verpackung), organisches Biosackerl, Folie, Frischhaltefolie, Leichtverpackungen, Laminat, Tupperware, Gas, Netze, Flaschen, spezielle Verpackungspapiere, Joghurtbecher (zugleich mit Plastik erwähnt),</p>

Tabelle 4: Auswertung von Frage 3

Frage 3 - Welche Verpackungsmaterialien kennst du?

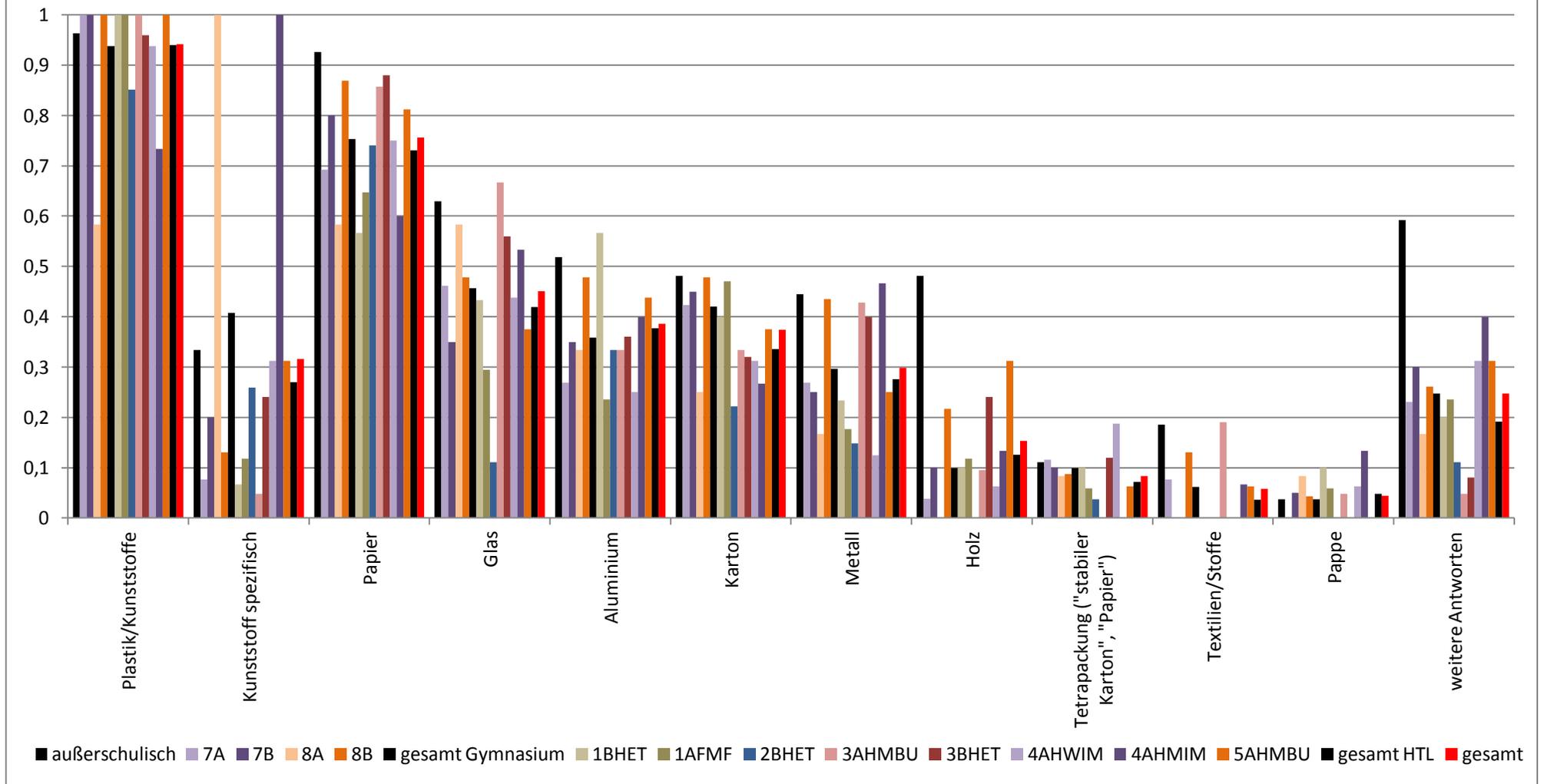


Abbildung 6: Auswertung von Frage 3 über alle Befragungsgruppen und gesamt

Frage 3 - Welche Verpackungsmaterialien kennst du?

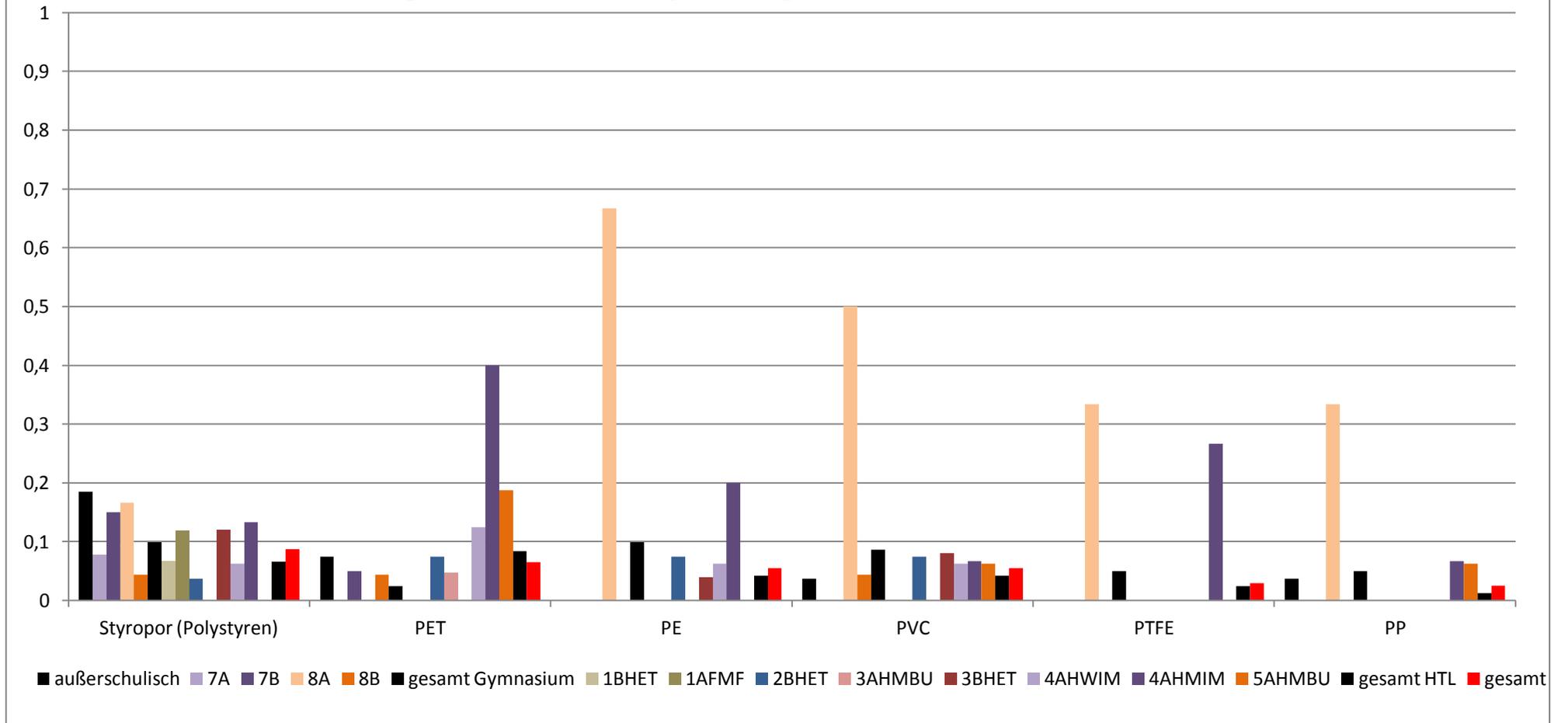


Abbildung 7: Auswertung von Frage 3 über alle Befragungsgruppen und gesamt - Kunststoffe spezifisch

5.2.4 Frage 4

Was stellst du dir unter kompostierbaren Biokunststoffen vor?

Die häufigste Vorstellung (ca. 67 % der Gesamtbefragten) ist, dass sich Biokunststoffe in der Natur, im Biomüll oder auf dem Kompost abbauen. Weitere Antworten wurden jeweils von weniger als 10 % der Befragten gegeben. Dazu zählen, dass Biokunststoffe umweltfreundlich sind, aus Maisstärke bestehen, aus Cellulose aufgebaut sind, aber auch, dass sie am Komposthaufen zu Humus werden. Wenige halten sie für recycelbar oder geben an, dass sie von Mikroorganismen zersetzt werden.

Fehlvorstellungen, die verglichen mit der Theorie unter 4.2.2 vorliegen, beziehen sich hauptsächlich auf die Entsorgung. Für viele der Befragten scheint klar zu sein, dass Biokunststoffe zu wertvollem Humus verrotten und ohne weiteres auf den Komposthaufen oder in der Natur entsorgt werden können, was jedoch nicht der Wahrheit entspricht. Bezüglich ihres Abbaus sind viele der falschen Meinung, dass sie sich selbst abbauen, zersetzen oder zerlegen, dass Wasser oder Säuren für den Abbau verantwortlich sind, aber auch, dass sie sich in ihre Einzelteile zerlegen oder auch gänzlich, also ohne Rest, verschwinden. Des Weiteren haben einige die ebenso falsche Vorstellung, dass sich Biokunststoffe von selbst oder in sich, aber auch im Wasser auflösen. Auch hier wurde immer wieder der Begriff der Verwesung verwendet. Biokunststoffe wurden außerdem grundsätzlich als umweltfreundlich betrachtet. Für ihren Aufbau wurden neben richtigen Aussagen, auch Milchstärke, lebendes Gewebe, gepresster Kompost und Tierleder/-haut genannt. Eine weitere Aussage war, dass sie „ohne Chemie sind“.

Sehr wohl wurde bezüglich ihrer „Zersetzung“ auch jene durch Mikroorganismen genannt und angeführt, dass dies „aber nur unter gewollten Umständen“ erfolgt.

Kategorie	vorkommende Antworten
<i>aus Papier/Cellulose</i>	aus Algen, Hanf, Pflanzen, Papier oder Cellulose; Zellstoffprodukt; Plastik aus natürlichen Stoffen wie Holz
<i>Komposthaufen geben => Humus</i>	Material, das im Biomüll zu Erde wird (verrottet) und somit keinen Müll hinterlässt; Plastikverpackungen, die unbedenklich auf den Komposthaufen gegeben werden und zu wertvollem Humus werden.
<i>Natur/Kompost/Biotonne - baut sich ab</i>	<i>Biokunststoff =</i> Gemisch aus einer Pflanze mit chemischen Stoffen; Kunststoffe aus biologischen Materialien; aus Naturstoffen; aus natürlichen Stoffen; Bio-Papier;

	<p>kann man in Biomüll/Kompost/Natur geben und baut sich ab (innerhalb von einem, von zehn Jahren) - begrifflich wurden Synonyme von der folgenden Auflistung verwendet:</p> <p><i>Begriffe, die für den Abbau verwendet wurden:</i></p> <p>(biologisch, organisch, schneller, ökologisch, von Natur, von selbst) <i>abbaubar</i>;</p> <p><i>zersetzen sich</i> (selbst; aufgrund der Natur; ohne Schadstoffe zurück zu lassen);</p> <p><i>zerfallen</i> (und wird abgebaut; vollkommen bei dauerhaftem Kontakt mit Wasser o. Ä.);</p> <p><i>verrotten</i> (schnell, biologisch, innerhalb kurzer Zeit, mit Säuren, schneller als Ölplastik/normaler Kunststoff, unter Umweltbedingungen, wie Maisstärke, wie Müllsäcke);</p> <p><i>verwest</i> (komplett, ohne Rest);</p> <p><i>löst sich auf</i> (daher unbedenklich; wie Obst; von selbst, langen Plastikmoleküle lösen sich in sich selbst; in Wasser);</p> <p><i>zerlegen sich</i> (nach einiger Zeit in ihre Einzelteile);</p> <p><i>lassen sich natürlich verwerten</i>;</p> <p><i>verwittern organisch</i></p> <p><i>Weiters wurde genannt:</i></p> <p>normaler Kunststoff wird nur in kleinere Partikel zersetzt, verschwindet aber nicht vollständig, Biokunststoffe hingegen zersetzen sich restlos bzw. hinterlassen keine Rückstände;</p> <p>durch das Verrotten gibt es weniger Müll; normale verrotten nicht; könnte man vergraben und nach ein paar Jahren ist es weg;</p> <p>Kunststoffe mit Zusatzstoffen, wodurch sie biologisch abbaubar sind und nach wenigen Jahren nicht mehr nachgewiesen werden können; Stoffe, die künstlich hergestellt werden, sich aber dennoch innerhalb relativ kurzer Zeit natürlich abbauen; biologisch erzeugt; beim Kompostieren werden keine schädlichen Gase frei; verrotten im gleichen Tempo wie Obst und nicht wie Plastik, welches mehrere 100 Jahre benötigt; werden nach einiger Zeit wieder zu Stoffen, die in der Natur vorkommen;</p>
<i>umweltfreundlich</i>	besser für die Umwelt; umweltfreundlich produzierbar

<p><i>weitere Antworten</i></p>	<p>aus fossilem Material, Milchstärke, organischen Stoffen, Bambusplastik (von Galileo), Baumwolle, natürlichen Materialien, lebendem Gewebe, gepresstem Kompost, Kartoffelstärke, Bioabfall, nachwachsenden Ressourcen (nicht Erdöl), Tierlederhaut, Zuckerrohrplastik/aus Zucker</p> <p>aus Altem wird Neues; Biomüll (wird daraus gemacht); dafür gibt es Firmen, die den Müll umdrehen und Sauerstoff dazu bringen; Dünger; etwas, das aussieht wie Plastik, aber nicht so viel Müll verursacht; Gemüse, Obst;</p> <p>nicht gesundheitsschädlich; ohne Chemie; sollten gleiche Anforderungen erfüllen wie herkömmliche Kunststoffe; werden als Bio-Müll kompostiert und somit werden sie auch wiederverwertet; Wiederverwendbare/wiederherstellbare Verpackung;</p>
<p><i>werden von Mikroorganismen zersetzt</i></p>	<p>können von Mikroorganismen abgebaut/zersetzt werden; sollen von Mikroorganismen zersetzbar sein, jedoch nur unter gewollten Umständen</p>

Tabelle 5: Auswertung von Frage 4

Frage 4 - Was stellst du dir unter kompostierbaren Biokunststoffen vor?

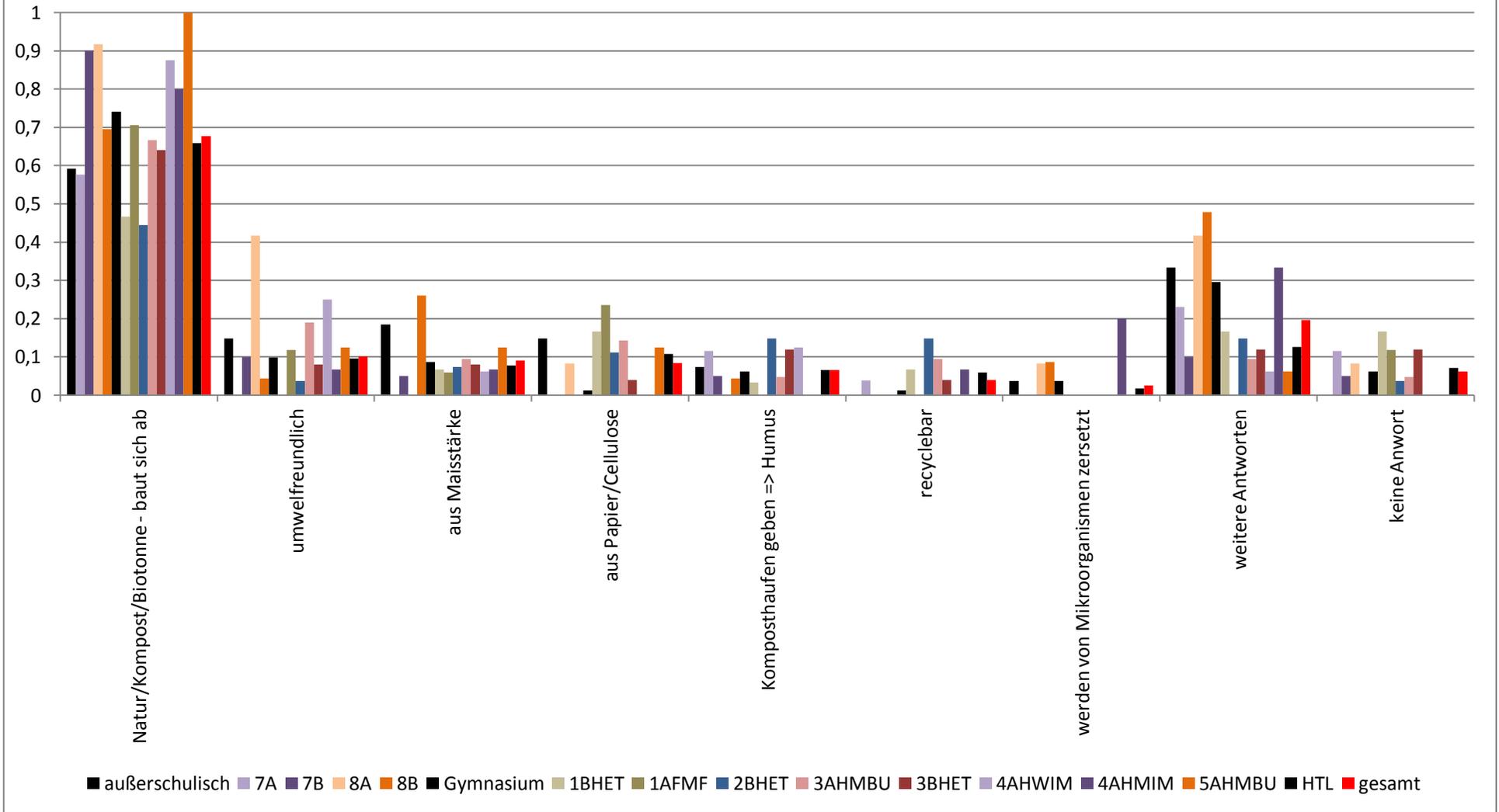


Abbildung 8: Auswertung von Frage 4 über alle Befragungsgruppen und gesamt

5.2.5 Frage 5

Vergleiche Flaschen aus Kunststoff, Glas sowie Metall und setze ein Kreuz, wenn die angeführte Anforderung zutrifft.

Die folgende Diskussion wird im Vergleich zu Tabelle 1 geführt.

Betrachtet man die Ergebnisse der Tabellen auf den Seiten 54 bis 56 so zeigt sich richtigerweise, dass 95 % der Befragten bei Kunststoffverpackungen den Verpackungsanteil am Gesamtgewicht als niedrig und beim Glas mit 100 % als nicht niedrig angeben. Hingegen geben beim Metall überraschenderweise 88 % der Befragten an, dass dieser nicht niedrig ist. Ein Großteil, nämlich 80 %, weist Metall eine hohe Stabilität zu, danach folgt Glas (46 %) und als Schlusslicht wird Kunststoff von 27 % als stabil empfunden. Dieses Bild zeichnet sich über alle Befragungsgruppen hinweg ab. Lediglich in zwei Klassen gaben mehr Befragte an, dass Kunststoff stabiler als Glas sei. Dieses Ergebnis ist mit Sicherheit auf die Bedeutung der Stabilität zurückzuführen. Versteht man darunter, ob die Verpackungen leicht zerbrechlich sind, müsste eindeutig Glas am wenigsten oft genannt werden. Meint man damit aber wie einfach sich etwas zusammendrücken lässt, ist Kunststoff das Schlusslicht, wobei dann die hohe Abgeschlagenheit von Metall im Vergleich zu Kunststoff nicht erklärbar ist. Hier wäre jedenfalls eine genauere Definition der Stabilität erforderlich gewesen.

Bei der wiederholten Verwendbarkeit zeigt sich das erwartete Bild, dass der Großteil diese der Glasverpackung zuordnet. Aber auch bei Metall und Kunststoff gaben mit 30 und 19 % einige an, dass die Flaschen bis zu 50 mal verwendet werden können.

Bei der Glasflasche zeigt sich ein relativ einheitliches Bild, dass Aromastoffe von dieser kaum aufgenommen werden. Dem Metall hingegen ordneten 63 % zu, dass sie Aromastoffe leicht aufnehmen, was falsch ist, und beim Kunststoff denkt der Großteil entsprechend richtig, dass sie Aromastoffe aufnehmen.

Beim Austritt von Kohlenstoffdioxid ergibt sich beim Kunststoff kein einheitliches Bild. 54 % der Befragten gaben falsch an, dass er einen CO₂-Austritt nicht zulässt, wobei sich hier die jeweiligen Befragungsgruppen zwischen 22 und 86 % bewegen. Beim Glas hingegen zeigt sich eine einheitlichere Rückmeldung. 70 % gaben richtig an, dass durch Glas kein CO₂ diffundieren kann und in keiner Befragungsgruppe sind es weniger als 50 %, die diese Meinung vertreten. Beim Metall liegen die Rückmeldungen zwischen 29 und 83 % und insgesamt bei 61 %, dass es entsprechen richtig Kohlenstoffdioxid nicht durchlässt. Auffallend ist hier, dass vor allem die Schüler in der 8. Klasse Gymnasium und ab der 3. Klasse HTL diese Meinung vertreten.

Bezüglich Ein-/Austritt von Wasserdampf und Sauerstoff sind beim Metall und Glas jeweils zwischen 63 und 72 % der Gesamtbefragten der richtigen Meinung, dass sie dicht sind. Beim

Kunststoff hingegen gaben sogar 44 % beim Wasserdampf und 48 % beim Sauerstoff entsprechend falsch an, dass er gegenüber einem Ein- bzw. Austritt der Moleküle dicht ist.

Anforderung	außer-schulisch	7A	7B	8A	8B	Gymnasium	1BHET	1AFMF	2 BHET	3AHMBU	3BHET	4AHWIM	4AHMIM	5AHMBU	HTL	gesamt
Der Verpackungsanteil am Gesamtgewicht ist niedrig.	1,00	0,69	1,00	1,00	1,00	0,90	1,00	0,92	0,93	1,00	1,00	1,00	0,88	1,00	0,97	0,95
Hohe Stabilität	0,26	0,31	0,40	0,17	0,18	0,28	0,14	0,08	0,36	0,36	0,33	0,25	0,38	0,33	0,27	0,27
Eine wiederholte Verwendung ist ca. 50 mal möglich.	0,07	0,15	0,10	0,33	0,27	0,20	0,14	0,17	0,29	0,27	0,17	0,63	0,13	0,11	0,23	0,19
Aromastoffe werden durch die Verpackung kaum aufgenommen.	0,04	0,23	0,20	0,67	0,36	0,33	0,21	0,33	0,36	0,09	0,00	0,38	0,00	0,11	0,19	0,20
Die Verpackung lässt einen CO ₂ Austritt unter festem Verschluss nicht zu.	0,52	0,46	0,80	0,50	0,64	0,60	0,57	0,50	0,86	0,55	0,33	0,25	0,63	0,22	0,51	0,54
Die Verpackung lässt einen Wasserdampf Eintritt bzw. Austritt unter festem Verschluss nicht zu.	0,52	0,08	0,60	0,50	0,55	0,40	0,29	0,50	0,36	0,45	0,42	0,50	0,63	0,44	0,43	0,44
Die Verpackung lässt einen O ₂ Eintritt bzw. Austritt unter festem Verschluss nicht zu.	0,52	0,15	0,80	0,67	0,55	0,50	0,50	0,50	0,57	0,45	0,33	0,50	0,63	0,22	0,47	0,48

Tabelle 6: Auswertung von Frage 5 – Kunststoff

Anforderung	außer- schulisch	7A	7B	8A	8B	Gymnasium	1BHET	1AFMF	2 BHET	3AHMBU	3BHET	4AHWIM	4AHMIM	5AHMBU	HTL	gesamt
Der Verpackungsanteil am Gesamtgewicht ist niedrig.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Hohe Stabilität	0,56	0,62	0,30	0,50	0,27	0,43	0,21	0,50	0,43	0,36	0,50	0,75	0,75	0,22	0,44	0,46
Eine wiederholte Verwendung ist ca. 50 mal möglich.	0,96	0,85	1,00	0,67	0,73	0,83	0,79	1,00	0,93	0,64	0,92	0,75	0,75	0,67	0,82	0,85
Aromastoffe werden durch die Verpackung kaum aufgenommen.	0,96	0,69	0,90	1,00	0,91	0,85	0,50	0,75	0,71	0,82	0,92	0,88	1,00	0,89	0,78	0,83
Die Verpackung lässt einen CO ₂ Austritt unter festem Verschluss nicht zu.	0,78	0,69	0,50	0,83	0,64	0,65	0,57	0,67	0,79	0,64	0,83	0,75	0,75	0,56	0,69	0,70
Die Verpackung lässt einen Wasserdampf Eintritt bzw. Austritt unter festem Verschluss nicht zu.	0,78	0,69	0,50	0,83	0,82	0,70	0,79	0,67	0,71	0,73	0,83	0,88	0,50	0,44	0,70	0,72
Die Verpackung lässt einen O ₂ Eintritt bzw. Austritt unter festem Verschluss nicht zu.	0,81	0,38	0,30	0,67	0,45	0,43	0,64	0,50	0,71	0,73	0,92	0,75	0,75	0,56	0,69	0,65

Tabelle 7: Auswertung von Frage 5 – Glas

Anforderung	außer- schulisch	7A	7B	8A	8B	Gymnasium	1BHET	1AFMF	2 BHET	3AHMBU	3BHET	4AHWIM	4AHMIM	5AHMBU	HTL	gesamt
Der Verpackungsanteil am Gesamtgewicht ist niedrig.	0,15	0,15	0,20	0,00	0,00	0,10	0,07	0,08	0,14	0,09	0,08	0,25	0,25	0,00	0,11	0,12
Hohe Stabilität	0,81	0,54	0,90	1,00	0,82	0,78	0,79	0,75	0,86	0,91	0,75	0,75	0,88	0,78	0,81	0,80
Eine wiederholte Verwendung ist ca. 50 mal möglich.	0,19	0,31	0,40	0,33	0,27	0,33	0,21	0,33	0,43	0,27	0,25	0,25	0,50	0,33	0,32	0,30
Aromastoffe werden durch die Verpackung kaum aufgenommen.	0,30	0,23	0,40	0,67	0,45	0,40	0,43	0,42	0,36	0,45	0,42	0,38	0,38	0,22	0,39	0,37
Die Verpackung lässt einen CO ₂ Austritt unter festem Verschluss nicht zu.	0,67	0,38	0,50	0,83	0,82	0,60	0,29	0,50	0,50	0,82	0,67	0,75	0,75	0,67	0,59	0,61
Die Verpackung lässt einen Wasserdampf Eintritt bzw. Austritt unter festem Verschluss nicht zu.	0,70	0,46	0,60	0,83	0,55	0,58	0,43	0,42	0,79	0,82	0,58	0,88	1,00	0,78	0,68	0,66
Die Verpackung lässt einen O ₂ Eintritt bzw. Austritt unter festem Verschluss nicht zu.	0,74	0,85	0,70	0,83	0,45	0,70	0,43	0,42	0,57	0,73	0,50	0,75	0,75	0,56	0,57	0,63

Tabelle 8: Auswertung von Frage 5 – Metall

5.2.6 Frage 6

Manche Lebensmittel werden unter Schutzgasatmosphäre verpackt. Bei welchen der folgenden Moleküle handelt es sich um ein sogenanntes Schutzgas?

Wie die Theorie unter 4.3.2, 4.3.3 und 4.3.5 zeigt, werden hauptsächlich Kohlenstoffdioxid und Stickstoff als Schutzgase eingesetzt. Sauerstoff ist nur bei Fleisch für die Farbe erforderlich.

Die Befragung zeigt nun, dass jeweils 52 % der Gesamtbefragten angaben, dass es sich bei Kohlenstoffdioxid und Stickstoff um ein Schutzgas handelt. Beim CO₂ sind es vor allem die HTL Schüler mit 59 %, die diese Meinung vertreten, außerschulisch sind 52 % dieser Meinung und im Gymnasium lediglich 36 %. Beim Stickstoff sind es 53 % der HTL Schüler, 52 % der Gymnasiasten und 44 % der außerschulisch Befragten. 22 % der Gesamtbefragten führen auch Sauerstoff als Schutzgas an, wobei dies niemand aus den 4. Klassen und der 5. Klasse HTL angab.

Auch Methan (17 % der Gesamtbefragten), Chlor (8 %) und Butan (7 %) wurden als Schutzgase angeführt. Dabei wurden diese drei Verbindungen bei einer der 7. Klassen Gymnasium nie angeführt, bei der anderen aber relativ häufig.

Frage 6 - Bei welchen der folgenden Moleküle handelt es sich um ein sogenanntes Schutzgas?

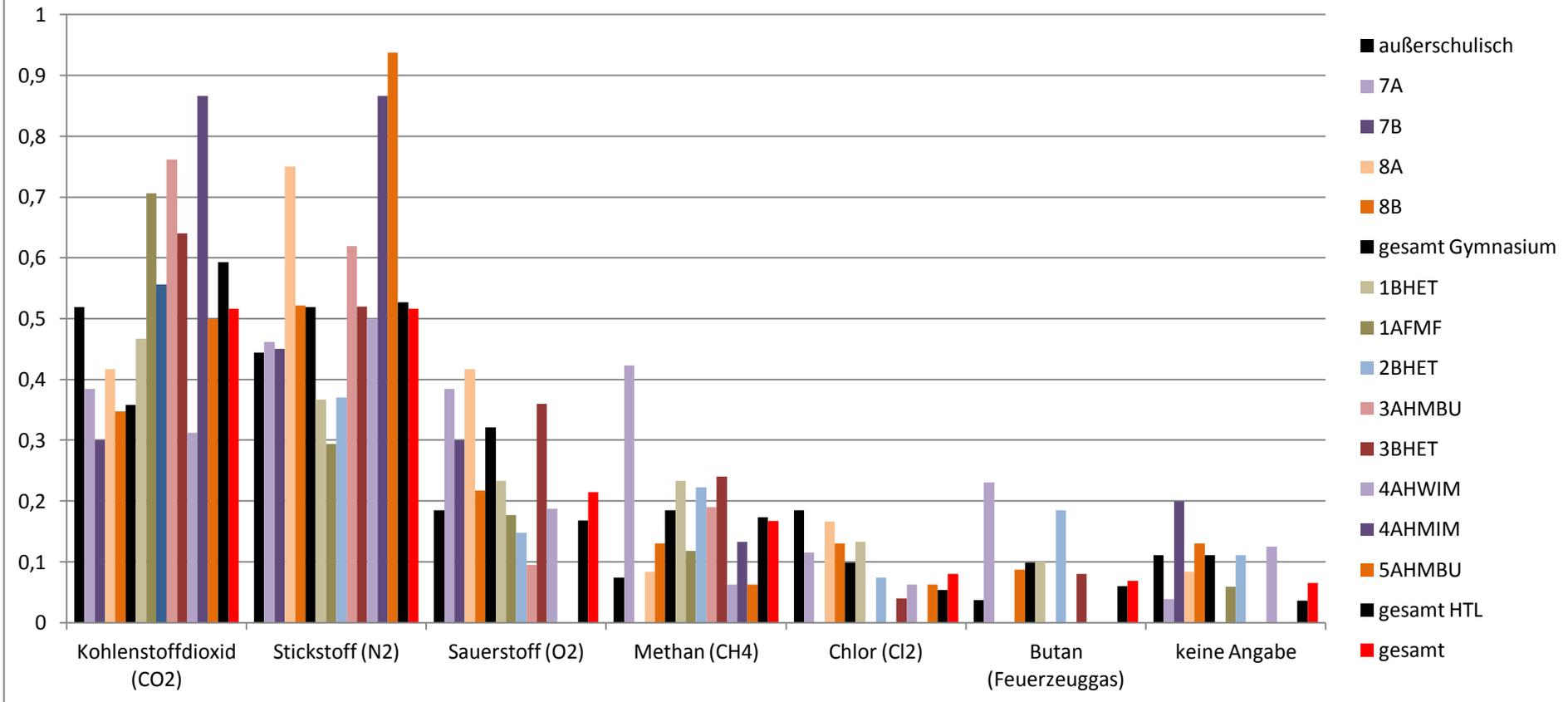


Abbildung 9: Auswertung von Frage 6 über alle Befragungsgruppen und gesamt

5.2.7 Frage 7

Unkontrollierte Vorgänge können Veränderungen im Lebensmittel hervorrufen. Ordne in der folgenden Tabelle den Vorgängen mögliche Veränderungen im Lebensmittel zu. Einem unkontrollierten Vorgang können mehrere Veränderungen im Lebensmittel zugeordnet werden.

Die Beeinflussung der Vorgänge auf die Veränderungen im Lebensmittel sind in Tabelle 2 zusammengefasst.

Die Verstärkung und Beschleunigung von Oxidationen ordneten je nach Befragungsgruppe mehr als die Hälfte entsprechend Tabelle 2 dem Sauerstoffeintritt zu (insgesamt 70 %). Genannt wurden auch andere Vorgänge, allen voran denken richtigerweise 56 % der außerschulisch Befragten, dass Lichteintritt dafür verantwortlich ist, jedoch gaben dies nur um die 20 % der Befragten im Gymnasium und der HTL an.

18 - 33 % sind innerhalb der Befragungsgruppen entsprechend richtig der Meinung, dass ein Wasserdampfeintritt eine verstärkte Oxidation bewirkt.

Der Vitaminabbau wurde hauptsächlich dem Lichteintritt zugeordnet (39 % der Gesamtbefragten). Sauerstoffeintritt nannten jedoch nur 9 % aller Befragten. Jeweils ein Fünftel meint, dass es richtigerweise mit dem Wasserdampfeintritt, aber auch mit dem Wasserdampfaustritt zu tun hat, wobei dies nicht der Fall ist. Und 16 % gaben falsch an, dass der Kohlenstoffdioxidverlust eine Rolle spielen könnte.

Ein interessantes Bild zeigt die Aromazerstörung. Hier wurden alle Vorgänge von 17 bis 27 % der Befragten genannt. Die richtige Antwort des Sauerstoffeintritts wurde dabei sogar am wenigsten oft angegeben.

Der Verlust der Knusprigkeit wurde von 68 % der Befragten entsprechend richtig mit dem Wasserdampfeintritt in Verbindung gebracht. 29 % meinen überraschender Weise außerdem, dass dies etwas mit dem Sauerstoffeintritt zu tun hat, wobei es bei den außerschulisch Befragten sogar 44 % sind.

Das Austrocknen von Lebensmittel ordneten nur 56 % aller Befragten dem Wasserdampfverlust zu. 43 % meinen außerdem, dass es mit dem Sauerstoffeintritt, 21 % hingegen, dass es mit dem Lichteintritt zu tun hat.

Verklumpen von Lebensmitteln, die gerne Wasser aus der Luft aufnehmen, bringen 54 % mit dem Wasserdampfeintritt in Verbindung. 27 % gaben an, dass es mit dem Wasserdampfverlust zu tun hat, obwohl sogar bei der Fragestellung der Begriff der Aufnahme vorkommt.

Das Wachstum von Mikroorganismen ordneten 46 % dem Sauerstoff- bzw. 42 % dem Wasserdampfeintritt zu. 40 % gaben aber auch an, dass es etwas mit dem Lichteintritt zu tun hat.

Bei der Veränderung von Getränken gaben nur 52 % der Befragten an, dass es etwas mit dem Kohlenstoffdioxidverlust zu tun hat. Alle anderen Vorgänge wurden von 17 - 29 % genannt. Dabei wurde mit 29 % am öftesten der Lichteintritt angegeben.

Die Änderung der Schutzgasatmosphäre wurde hauptsächlich von den außerschulisch Befragten mit einem Kohlenstoffdioxidverlust in Verbindung gebracht (70 %). Insgesamt meinen dies nur 41 %. Der Sauerstoffeintritt wurde in etwa von einem Drittel angegeben. Aber auch alle weiteren Vorgänge wurden genannt.

	1. Verstärkung und Beschleunigung von Oxidationen (z.B. Ranzig werden von Fetten)	2. Vitaminabbau	3. Aromazerstörung	4. Verlust der Knusprigkeit (z.B. Kekse werden weich)	5. Austrocknen (z.B. Brot)	6. Verklumpen von Lebensmitteln, die gerne Wasser aus der Luft aufnehmen	7. Wachstum von Mikroorganismen	8. Veränderung von Getränken	9. Änderung der Schutzgasatmosphäre	keine Angabe
	außerschulisch									
Sauerstoffeintritt	0,93	0,15	0,15	0,44	0,37	0,15	0,67	0,37	0,44	0,00
Wasserdampfeintritt	0,33	0,30	0,37	0,78	0,00	0,81	0,56	0,33	0,33	0,04
Wasserdampfverlust	0,00	0,11	0,19	0,07	0,89	0,15	0,04	0,37	0,19	0,04
Kohlenstoffdioxidverlust	0,07	0,15	0,37	0,07	0,07	0,04	0,07	0,63	0,70	0,15
Lichteintritt, UV-Strahlung	0,56	0,63	0,37	0,11	0,26	0,00	0,56	0,48	0,22	0,04
	Gymnasium									
Sauerstoffeintritt	0,59	0,07	0,22	0,27	0,49	0,12	0,34	0,10	0,29	0,07
Wasserdampfeintritt	0,17	0,17	0,22	0,68	0,02	0,56	0,41	0,05	0,17	0,12
Wasserdampfverlust	0,00	0,27	0,20	0,02	0,51	0,32	0,02	0,10	0,05	0,12
Kohlenstoffdioxidverlust	0,10	0,17	0,24	0,02	0,12	0,07	0,05	0,49	0,29	0,15
Lichteintritt, UV-Strahlung	0,22	0,32	0,20	0,02	0,10	0,00	0,34	0,32	0,27	0,15
	HTL									
Sauerstoffeintritt	0,68	0,08	0,15	0,25	0,42	0,14	0,46	0,14	0,33	0,06
Wasserdampfeintritt	0,18	0,24	0,27	0,65	0,01	0,44	0,38	0,16	0,22	0,11
Wasserdampfverlust	0,08	0,20	0,25	0,05	0,48	0,28	0,03	0,22	0,14	0,14
Kohlenstoffdioxidverlust	0,06	0,16	0,18	0,04	0,03	0,04	0,13	0,49	0,37	0,15
Lichteintritt, UV-Strahlung	0,16	0,35	0,28	0,04	0,25	0,01	0,38	0,20	0,25	0,11
	gesamt									
Sauerstoffeintritt	0,70	0,09	0,17	0,29	0,43	0,14	0,46	0,17	0,34	0,05
Wasserdampfeintritt	0,20	0,23	0,27	0,68	0,01	0,54	0,42	0,16	0,22	0,10
Wasserdampfverlust	0,04	0,20	0,22	0,05	0,56	0,27	0,03	0,21	0,12	0,12
Kohlenstoffdioxidverlust	0,07	0,16	0,23	0,04	0,06	0,05	0,10	0,52	0,41	0,15
Lichteintritt, UV-Strahlung	0,25	0,39	0,27	0,05	0,21	0,01	0,40	0,29	0,25	0,11

Tabelle 9: Auswertung von Frage 7

5.2.8 Frage 8

Bei Lebensmitteln wie Milch, Fruchtsäften, Bier und Wein wird eine Lichtschutzverpackung verwendet. Was vermutest du, warum dies gemacht wird? Welcher Verpackungsvorschlag (siehe Grafik) ist dafür am besten geeignet?

Die Auswertung zeigt, dass bezüglich des chemischen Hintergrundes nur wenige Befragte eine Antwort gaben. 31 % davon beziehen sich auf den Schutz vor Licht und UV-Strahlen wie es auch in der Theorie unter 4.3.4 angeführt ist. Es sind eher Schüler der HTL, die mit diesem Thema vertraut sind und den Grund in den Lichtstrahlen sehen. Dabei werden aber als Begründungen angeführt, dass Licht die Lebensmittel zum Gären bringt, manche Stoffe zersetzt oder die Moleküle spaltet.

Weitere Angaben beziehen sich nur allgemein auf den Schutz vor dem Verderben, Gären, Sauerwerden und auf Farb- und Geschmacksveränderungen, wobei nirgends konkret auf den chemischen Hintergrund eingegangen wurde. Einige Befragte meinen auch entsprechend falsch, dass durch den Lichtschutz die Verpackung in der Sonne gekühlt bleibt oder auch, dass das Wachstum von Bakterien vermindert wird. Weitere Meinungen sind, dass Aromastoffe ansonsten weichen können, Stoffe einfach ausdringen würden, Eiweiße durch den Schutz nicht ausfallen und Enzyme nicht arbeiten oder auch durch das Licht das Produkt austrocknen würde bzw. der Vitaminabbau vorangetrieben wird.

Beim Verpackungsvorschlag gaben 75 % der Befragten „PE-Karton-PE, bedruckt“ an, wobei es bei den außerschulisch Befragten in etwa um 15 % mehr als bei den Schülern sind. Für 14 % ist sogar Weißglas die am besten geeignete Verpackung, obwohl Abbildung 2 dies keineswegs zeigt. Auch wenn hier manche angaben, dass sie den Begriff der Transmission nicht verstehen, zeigt das Ergebnis, dass hier die Transferleistung nicht gelingt. Milch beispielsweise bekommt man nahezu ausschließlich nur in PE-Karton-PE-Verpackungen zu kaufen. Dies würde schon einmal für diesen Verpackungstyp sprechen. Betrachtet man nun die Abbildung 2, so steht eine niedrige Transmission für einen besseren Verpackungstyp. Dennoch wählten einige Glas. Zusätzlich kommt hinzu, dass öfters ein allgemeines Problem beim Lesen des Diagramms angegeben wurde.

Kategorie	vorkommende Antworten
<i>Bakterien vermindern</i>	Bakterien bilden sich bei Licht; damit sich keine Bakterien ausbreiten
<i>damit Farbe beibehalten bleibt</i>	damit sich Farbe nicht verändert (ausbleicht) - würde den Kunden nicht mehr ansprechen
<i>Schutz vor dem Gären</i>	da Getränke sonst viel zu schnell gären würden und somit ein Druck entstehen würde; um Flüssigkeit vor dem Gären zu schützen (z. B. Wein)
<i>Schutz vor dem Sauer werden</i>	damit sie nicht sauer werden (z.B. Milch)
<i>Schutz vor Verderben</i>	damit der Inhalt nicht so schnell verdirbt/schlecht wird/sich verändert/ranzig wird/verwest;
<i>Schutz vor Wärme</i>	damit es auch in der Sonne gekühlt bleibt; vor Wärme schützen, damit sich Temperatur nicht ändert
<i>um vor Licht/UV-Strahlen zu schützen</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Licht/UV-Strahlung/Sonnenlicht • verderben schneller • vor (Transmission von) Licht/UV-Strahlen zu schützen • lassen Lebensmittel gären • zersetzt manche Stoffe • UV-Strahlen spalten die Moleküle in den Lebensmitteln • Moleküle reagieren auf Licht
<i>weitere Antworten</i>	<ul style="list-style-type: none"> • damit es teurer verkauft werden kann • damit keine Aromastoffe weichen können/erhalten bleiben und der Inhalt sich verändert (z.B. mehr Milchsäurebakterien etc.) • damit keine bestimmten Stoffe ausdringen können • damit Produkt nicht weiter reift/keine weiteren Veränderungen hat • Eiweißausfällung umgehen • Enzyme arbeiten nicht • Geschmack wird NICHT durch Licht verändert. • günstig • Um physikalische/chemische Vorgänge/das Schimmeln zu verhindern • Schutz vor Umgebung, Vitaminabbau, Austrocknen

Tabelle 10: Auswertung von Frage 8

Frage 8 - Bei Lebensmitteln wie Milch, Fruchtsäften, Bier und Wein wird eine Lichtschutzverpackung verwendet. Was vermutest du, warum dies gemacht wird?

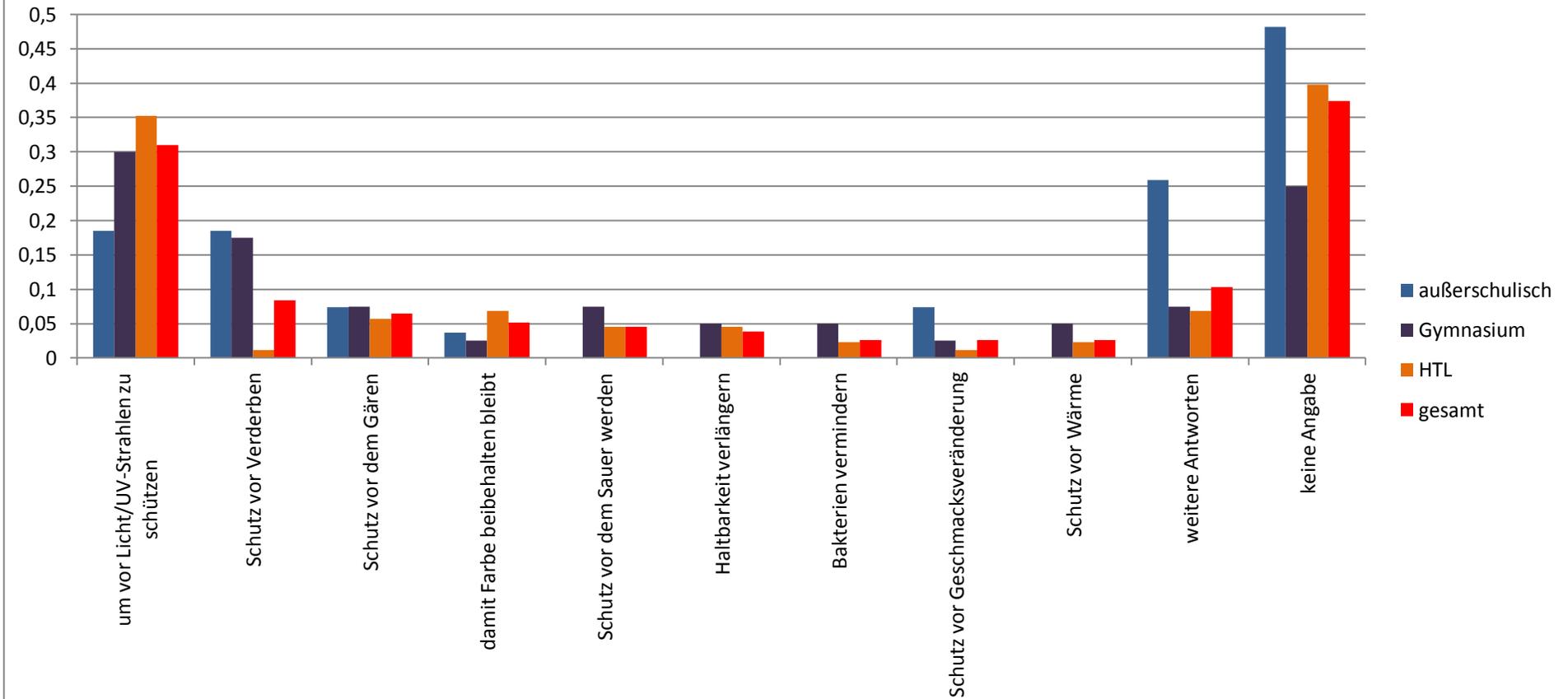


Abbildung 10: Auswertung von Frage 8 gesamt

Frage 8 - Bei Lebensmitteln wie Milch, Fruchtsäften, Bier und Wein wird eine Lichtschutzverpackung verwendet. Welcher Verpackungsvorschlag (siehe Grafik) ist dafür am besten geeignet?

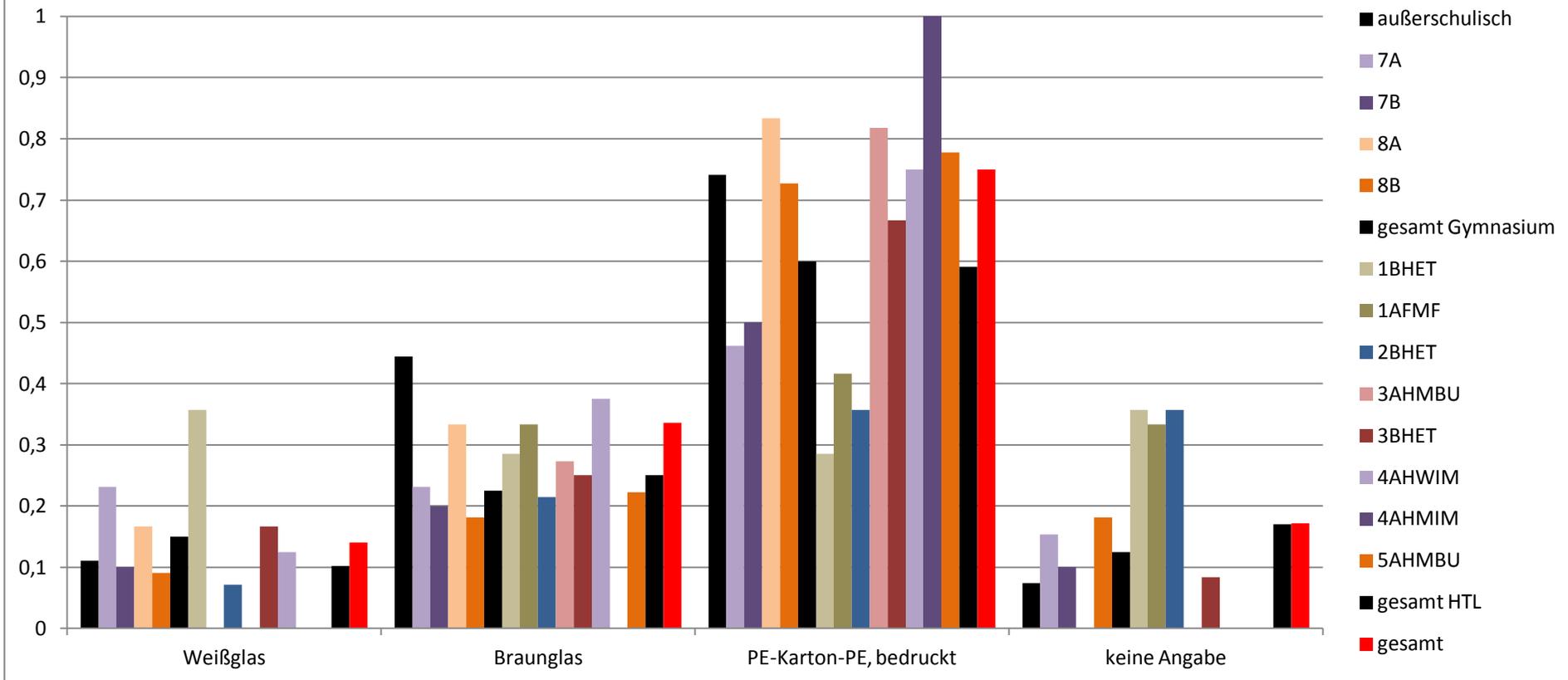


Abbildung 11: Auswertung von Frage 8 über alle Befragungsgruppen und gesamt

5.2.9 Frage 9

CO₂ kann aus Verpackungsmaterialien auch unter festem Verschluss austreten. Ordne in der folgenden Auflistung, welche Verpackung am wenigsten (1) und welche am meisten (4) CO₂ durchlässt. Wenn du glaubst, dass es Verpackungen gibt, die gleich viel durchlassen, dann vergib dieselbe Zahl.

Obwohl, wie unter 4.3.3 angeführt, die Metalldose am dichtesten ist, gaben 59 % der Gesamtbefragten an, dass Glas am dichtesten gegenüber eines CO₂-Austrittes ist. Relativ weit abgeschlagen mit nur 33 % folgt Metall als dichtestes Material und danach überraschenderweise mit 10 % dünnwandige PET-Flaschen. Diese wurden dennoch von den meisten Befragten (61 %) als am undichtesten betrachtet. Trotzdem meinen 12 bzw. 13 %, dass Metall bzw. Glas am undichtesten ist. Ein ähnliches Bild zeigt sich nicht nur gesamt, sondern auch außerschulisch, im Gymnasium und in der HTL. Auffällig ist, dass vor allem im Gymnasium mit 22 bzw. 15 % sehr viele der Meinung sind, dass Metall bzw. Glas die größte Durchlässigkeit hat.

	außerschulisch				Gymnasium				HTL				gesamt			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
<i>Glasflasche</i>	0,67	0,22	0,07	0,04	0,46	0,20	0,17	0,15	0,63	0,18	0,03	0,15	0,59	0,19	0,07	0,13
<i>Dünnwandige PET-Flaschen</i>	0,07	0,07	0,37	0,48	0,10	0,20	0,12	0,56	0,11	0,08	0,13	0,67	0,10	0,11	0,17	0,61
<i>Dickwandige PET-Flaschen</i>	0,11	0,22	0,48	0,19	0,15	0,32	0,49	0,02	0,04	0,28	0,62	0,05	0,08	0,28	0,56	0,07
<i>Getränkedosen aus Metall</i> <i>(Weißblech oder Aluminium)</i>	0,33	0,41	0,19	0,07	0,34	0,24	0,17	0,22	0,32	0,47	0,15	0,08	0,33	0,39	0,16	0,12

Tabelle 11: Auswertung von Frage 9

5.2.10 Frage 10

Obstsalat und Äpfel: Welches Lebensmittel verdirbt schneller, warum ist dies so und was ist der chemische Hintergrund dazu?

Die Auswertung zeigt, dass die Mehrheit mit 73 % richtigerweise beim Obstsalat den schnelleren Verderb sieht. Teilweise gaben Befragungsgruppen sogar bis zu 100 % den Obstsalat an, andere wiederum nur mit 50 %. Bei den Äpfeln sind es nicht nur die jüngeren Schüler, sondern auch ältere Schüler, die einen schnelleren Verderb beim Apfel sehen.

Begründet wurde das schnellere Verderben des Obstsalates mit 49 % entsprechend richtig mit der fehlenden Schale, da diese den Apfel schützt und ohne sie sämtliche chemische Prozesse wesentlich schneller einsetzen können. 25 % nannten ebenfalls richtig als chemischen Hintergrund die Reaktion mit Luft bzw. Sauerstoff. Als Erklärung wurde jedoch von niemandem die Oxidation genannt, sondern beispielsweise, dass der Sauerstoff das Obst zerfrisst oder zerstört, vom Obst aufgenommen wird, wodurch es ungenießbar wird, aber auch dass Sauerstoff und Dampf gemeinsam mit dem Obst reagieren. Eine weitere falsche Begründung ist, dass sich aufgrund des Sauerstoffs die Mikroorganismen vermehren, was jedoch mit Hilfe von Zitronensaft verhindert werden kann, da dieser desinfizierend wirkt. Der schnellere Verderb des Obstsalates wurde auch damit begründet, dass durch das Aufschneiden eine größere Oberfläche vorliegt. Schlussendlich wurde die falsche Meinung geäußert, dass der Obstsalat durch das Rumstehen an der Luft schnell „ranzig“ wird.

Einzelantworten waren beispielsweise auch, dass Äpfel schneller verderben, da im Obstsalat mehr Zucker ist, der den Prozess verlangsamt, oder weil die Äpfel weniger Prozent Wasser haben, aber auch weil Obstsalat weniger Kontakt zu Sauerstoff aufgrund der Flüssigkeit hat bzw. dieser mit Konservierungsstoffen versetzt ist.

Der schnellere Verderb des Obstsalates wird außerdem nicht richtig damit in Zusammenhang gebracht, da er Protonen abgibt, ihn die Säuren verderben, Licht dazukommt, Zucker im Obstsalat zu schnellerem Schlechtwerden beiträgt, aber auch weil Kohlenstoffdioxid hinzukommt.

Frage 10 - Obstsalat und Äpfel: Welches Lebensmittel verdirbt schneller?

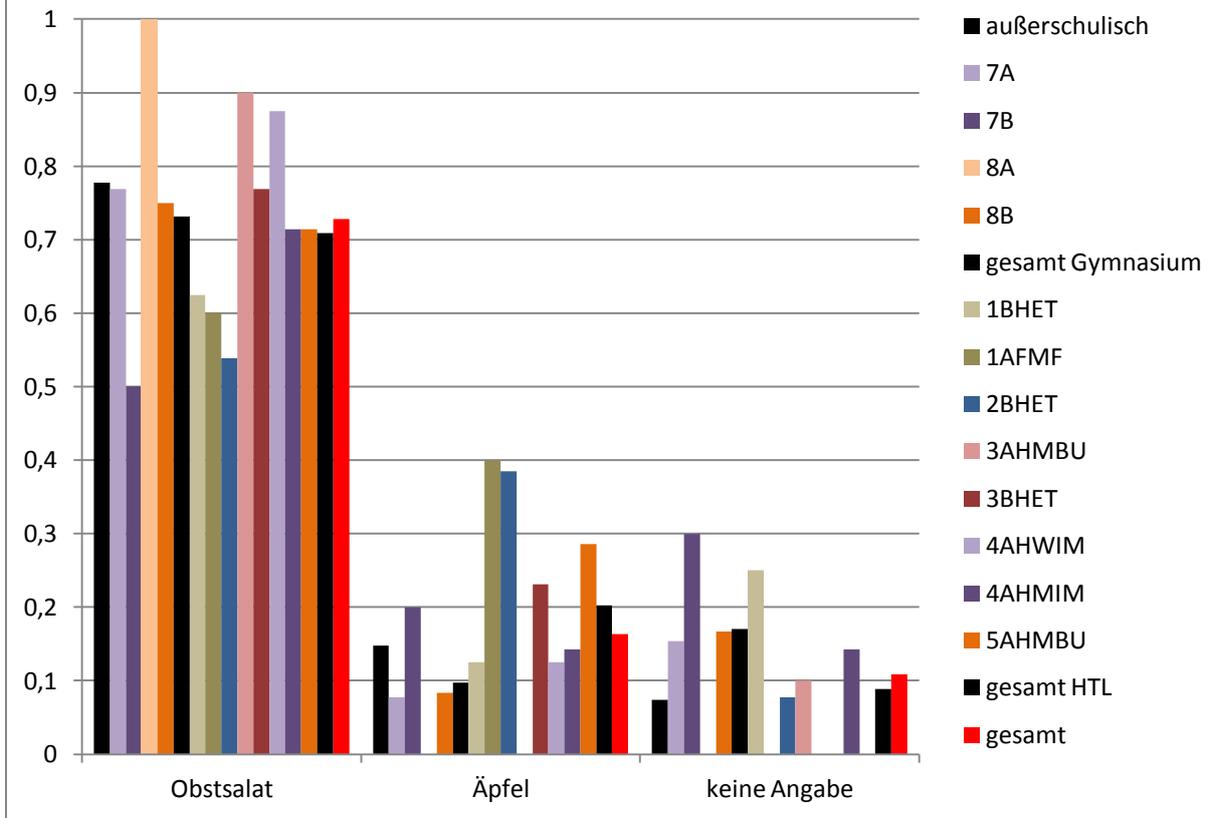


Abbildung 12: Auswertung von Frage 10 über alle Befragungsgruppen und gesamt

Kategorie	vorkommende Antworten
<i>fehlende Schale</i>	sämtliche chem. Prozesse können aufgrund der fehlenden Schale schneller einsetzen; durch Schale ist Obst besser geschützt
<i>Luft/Sauerstoff bei Obstsalat</i>	<p>Obstsalat wird durch Rumstehen an der Luft schnell ranzig. Obstsalat verdirbt schneller, da Sauerstoff (und Luft)</p> <ul style="list-style-type: none"> • dazukommt und dies zur Reaktion führt. • das Obst zerfrisst. • die Früchte zerstört. • von den aufgeschnittenen Obstsorten aufgenommen und dadurch ungenießbar wird. • und Dampf mit Fruchtfleisch in Kontakt kommen. • mit dem organischen Material reagiert. • zum aufgeschnitten Obst kommt und sich dadurch die Mikroorganismen vermehren - mit Zitronensaft verdirbt es weniger, da Saft desinfiziert. • durch Fehlen der Schale schneller an die Zellen kommt.

<p><i>Obstsalat, weil mehr Oberfläche durch Aufschneiden</i></p>	<p>durch Zerschneiden von Obst ist die Oberfläche größer (schneller ablaufende Reaktion) mehr Oberfläche - daher größerer Temperatur ausgesetzt</p>
<p><i>weitere Antworten</i></p>	<p>Äpfel verderben schneller, weil</p> <ul style="list-style-type: none"> • sie mit Luft/Sauerstoff reagieren (werden braun). • im Obstsalat mehr Zucker ist, der den Prozess verlangsamt. • diese weniger Prozent Wasser haben. • diese austrocknen und verfaulen können. • weil es bereits zum Gärprozess kommt, wenn sie reif sind. • Obstsalat wegen der Flüssigkeit weniger Kontakt zu Sauerstoff hat. • sie durch die Säure schneller zum Gären beginnen. • Obstsalat mit Konservierungsstoffen versetzt ist. • Hefebakterien in der Luft und Enzyme im Obst sind. <hr/> <p>Bananen und Äpfel</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bananen geben Methen ab, Äpfel reifen deshalb schneller und verderben. • Legt man Äpfel neben Bananen, werden diese aufgrund der Gase, die die Äpfel abgeben, viel schneller braun. • Obstsalat verdirbt schneller, weil manche Früchte mehr Reifegas produzieren als andere. Das Reifegas der Bananen verdirbt Äpfel. • Manche Stoffe sondern Stoffe ab, die z.B. Äpfel schneller verderben lassen. <hr/> <p>Obstsalat verdirbt schneller, weil</p> <ul style="list-style-type: none"> • er meistens im Haus gelagert ist. Äpfel verderben nur dann schneller, wenn sie nicht im Kühlhaus gelagert sind. Obstsalat verdirbt langsamer, wenn er im Kühlschrank ist. • er mit anderen Chemikalien reagieren kann. Auch bei annähernd luftdichter Verpackung. • er Protonen abgibt. • durch die Feuchtigkeit/den Sauerstoff, die Gärung einsetzt. • sich Säuren mischen und Obst mit der Luft dann oxidiert. • ihn die Säuren verderben. • durch das Gemisch mehrerer Fruchtsäuren nicht nur eine Reaktion möglich ist. • sich Schimmel überträgt. • Licht dazukommt.

- Obst verschiedene Gase abgibt und sich zusammen nicht so gut verträgt als einzeln.
- sich Obst gegenseitig beeinflusst/miteinander reagiert.
- Zucker im Obstsalat zum schnelleren Schlechtwerden beiträgt (Bakterien haben durch den Zucker einen besseren Nährboden).
- aufgrund des aufgeschnittenen Obstes Flüssigkeit austritt.
- die Zersetzung durch den höheren Wasseranteil schneller erfolgt.
- Kohlenstoffdioxid hinzukommt.
- mehr Flüssigkeit dabei ist.

Durch die Zugabe von Zitronensäure und säurehaltigem Obst ist die Lebensdauer vom Obstsalat länger bzw. hält er ebenso lange.

Tabelle 12: Auswertung von Frage 10

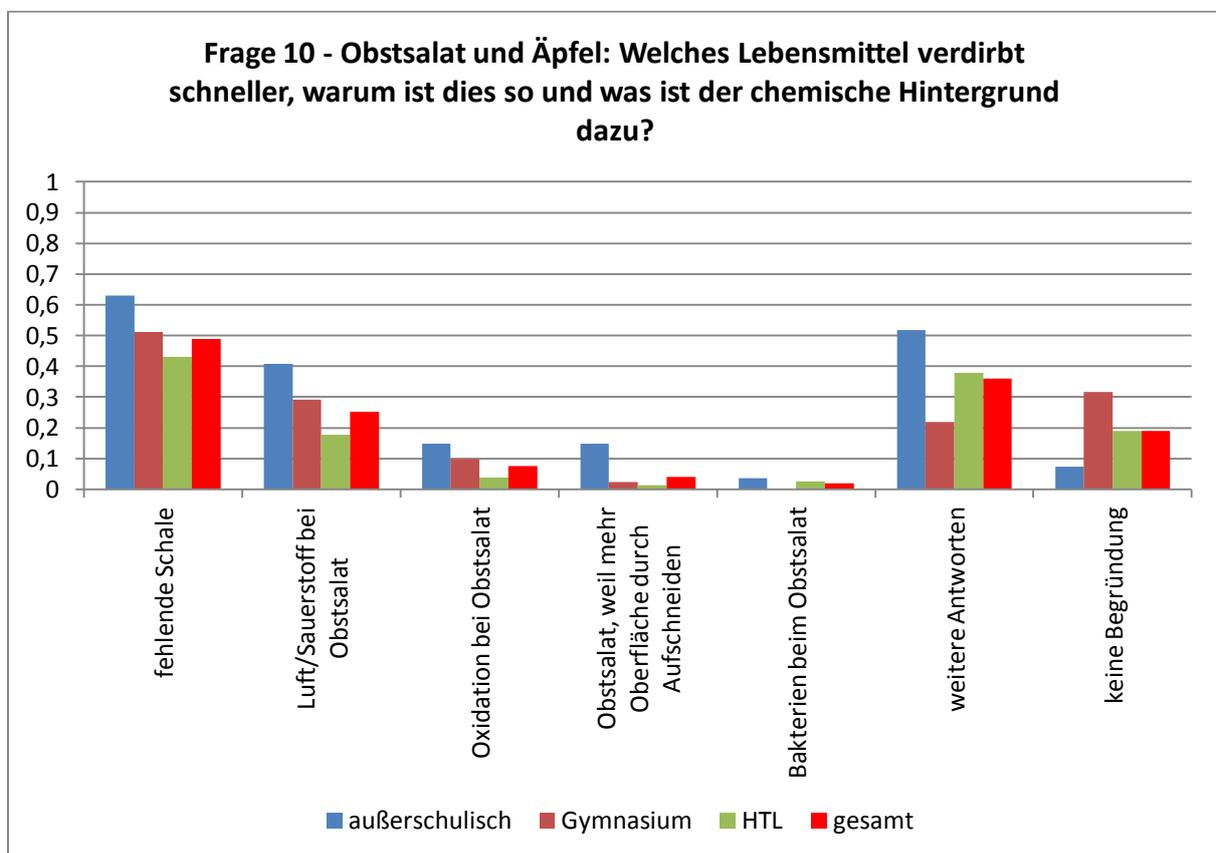


Abbildung 13: Auswertung von Frage 10 gesamt

5.2.11 Frage 11

Warum verzögert kühle Aufbewahrung von Lebensmitteln den Verderb?

Der Großteil, nämlich 62 %, sieht den Grund, wie auch unter 4.3.5 angeführt, in der Aktivität der Mikroorganismen. Hier tritt jedoch ein relativ großer Unterschied zwischen den Befragungsgruppen auf. Im Gymnasium behaupten dies vor allem die Schüler der 8. Klasse, in der HTL zeigt sich jedoch kein einheitliches Bild bzgl. der Schulstufe. Der Großteil der Schüler geht richtigerweise davon aus, dass die Aktivität der Mikroorganismen langsamer wird, wobei ein Teil aber ein Absterben dieser annimmt. Weiters wird auch angenommen, dass im Kühlen Mikroorganismen schwieriger in Lebensmittel kommen.

9 % gaben ebenfalls richtig an, dass die chemischen Reaktionen bei niedriger Temperatur langsamer ablaufen, wobei aber auch von einer weniger „heftigen“ Reaktion ausgegangen wird.

Weitere Antworten beziehen sich auf den Kühlvorgang, da Hitze schädlich ist bzw. durch die Kühlung eine Verlängerung der Haltbarkeit stattfindet. Dabei wurde angeführt, dass vor allem heutige Lebensmittel gekühlt besser halten.

Schlussendlich wird in der Kühlung ein Lichtschutz gesehen.

Einzelangaben beziehen sich unter anderem darauf, dass aufgrund des Kühlvorganges weniger Aromaverlust stattfindet und die Frische länger erhalten bleibt, aber auch dass der Sauerstoff die Lebensmittel nicht so schnell gären lässt.

Kategorie	vorkommende Antworten
<i>besserer Schutz vor Licht</i>	Lebensmittel ist im Kühlraum besser vor UV-Strahlen geschützt; weniger Licht
<i>chemische Reaktionen laufen langsamer bei niedrigerer Temperatur ab</i>	allgemeine Bewegung der Atome ist verlangsamt und somit auch der Verderbungsprozess; es reagiert nicht so heftig
<i>Haltbarkeit wird verlängert</i>	Stoffe werden frisch gehalten; Verderbungsprozess wird gestoppt; weil heutzutage gekühlte Sachen besser haltbar sind
<i>Hitze ist schädlich</i>	bei Hitze erweitern sich Zellen, dehnen sich aus und daher vergammelt alles; durch die Erwärmung staut sich die Luft in der Verpackung; warme Luft treibt Verfaulung schneller voran;

<p><i>Mikroorganismen werden in ihrer Aktivität beeinflusst</i></p>	<p>Schimmelkeim-/Keimbildung wird reduziert</p> <p>Keime/Bakterien/Mikroorganismen/Pilze arbeiten/reagieren/zersetzen langsamer; Aktivität ist langsamer; gedeihen/entwickeln/wachsen/vermehrten/fortpflanzen/bilden/teilen sich unter Hitze/Wärme schneller; bewegen sich langsamer; frieren ein und können ihren Prozess nicht mehr fortsetzen; können nicht entstehen; sterben ab, gedeihen in feuchter Umgebung besser; können im Kühlen nicht wachsen; verwesen langsamer; wenn es zu heiß ist, sterben sie ab;</p> <p>Bakterien sind bei Kälte nicht so aktiv, daher können sie das Lebensmittel nicht so schnell zersetzen/schlecht machen; im Kühlen kommen nicht so leicht fremde Moleküle in die Lebensmittel;</p> <p>keine Gärung möglich; Teilchenbewegung nimmt ab; Verderb wird eingebremst, jedoch nicht das Vorhandensein gesundheitsgefährdeter Mikroorganismen; weil Wärme die Fermentation fördert</p>
<p><i>weitere Antworten</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> • Aromen werden gefroren → bleiben länger frisch • Da der Sauerstoff die Lebensmittel nicht so schnell gären lässt. • Weil es nicht so schnell mit Sauerstoff reagieren kann. • Einfrieren stoppt jegliche chemische Verfäulnisprozesse. • geringere Aktivierungsenergie • Moleküle können sich nicht so schnell bewegen ==> werden eingefroren. • nicht so starke Austrocknung, bei Hitze trocknet es aus • Verbindungen gehen nicht auf. • Wasserteilchen werden gefroren und damit das Verdampfen verhindert. • Weil Fett durch Wärme schlecht wird. • Weil viele Lebensmittel in der Hitze bzw. bei + 15 °C auslaufen.

Tabelle 13: Auswertung von Frage 11

Frage 11 - Warum verzögert kühle Aufbewahrung von Lebensmitteln den Verderb?

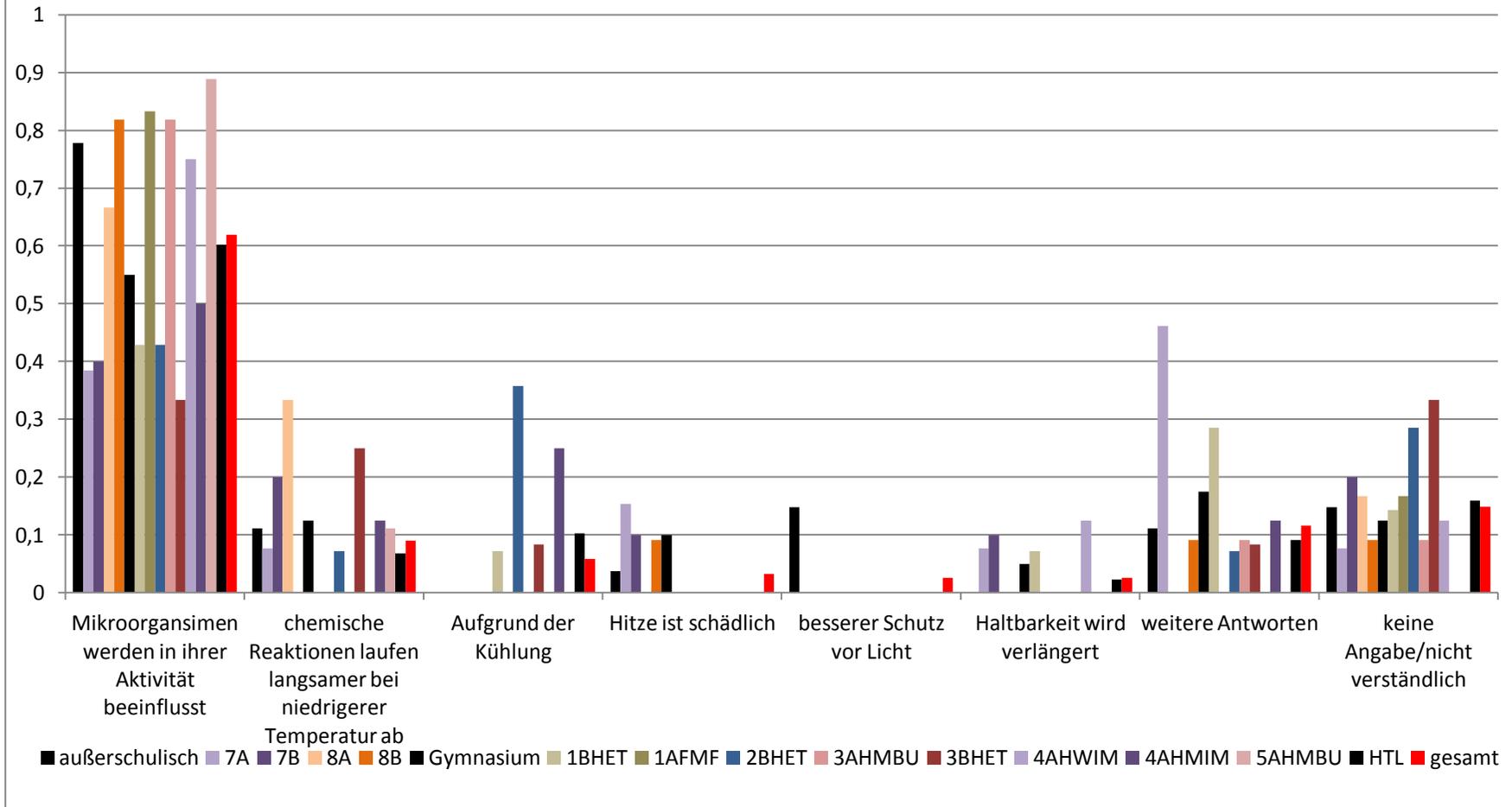


Abbildung 14: Auswertung von Frage 11 über alle Befragungsgruppen und gesamt

5.2.12 Frage 12

Warum werden Fette ranzig? Hast du eine Idee, wie man das „Ranzig werden“ verhindern kann?

Warum werden Fette ranzig?

Der Großteil der Befragten gab hier keine Antwort. 13 % beziehen sich entsprechend richtig auf die Reaktion mit Sauerstoff, wobei dies im Gymnasium nur von einer Schülerin genannt wurde. Weitere Antworten beziehen sich auf die Wärme (0,5 %) und ebenfalls richtig auf das Licht (0,4 %), wobei zu beachten ist, dass dieses - wie unter 4.3.4 beschrieben - Sauerstoff für die Reaktion benötigt. Licht nannten jedoch nur außerschulisch Befragte, Schüler einer 8. Klasse Gymnasium und der 5. Klasse HTL. Außerdem nannten noch manche entsprechend falsch, dass das Ranzigwerden aufgrund von Zersetzungs Vorgängen durch Mikroorganismen stattfindet.

Einzelantworten (kursiv markierte Antworten kann man als richtig betrachten) in der **Kategorie „weitere Antworten“** beziehen sich darauf, dass Fette ranzig werden,

- *wenn sie zu lange offen gewesen sind,*
- Schmutz oder Bakterien/Fremdstoffe zum Fett kommen,
- aufgrund der organischen Inhaltsstoffe,
- weil sich Bindungen auflösen, aber auch
- *wenn Licht und Sauerstoff eindringt* (wurde einmal von einer weiblichen Person im außerschulischen Bereich genannt).

Weiters wurde angegeben, dass

- sich durch Wärme Eiweiße verändern und daher Fett ranzig wird (Fette haben viele Eiweiße),
- auch im Fett verderbliche Stoffe enthalten sind,
- Milchsäurebakterien zum Gären beginnen,
- Feuchtigkeit in der Luft dafür verantwortlich ist,
- das Fett atmet und es daher ranzig wird,
- sie Protonen abgeben, aber auch
- durch zu hohe Temperaturen gewisse Inhaltsstoffe des Fettes verbrannt werden.

Frage 12 - Warum werden Fette ranzig?

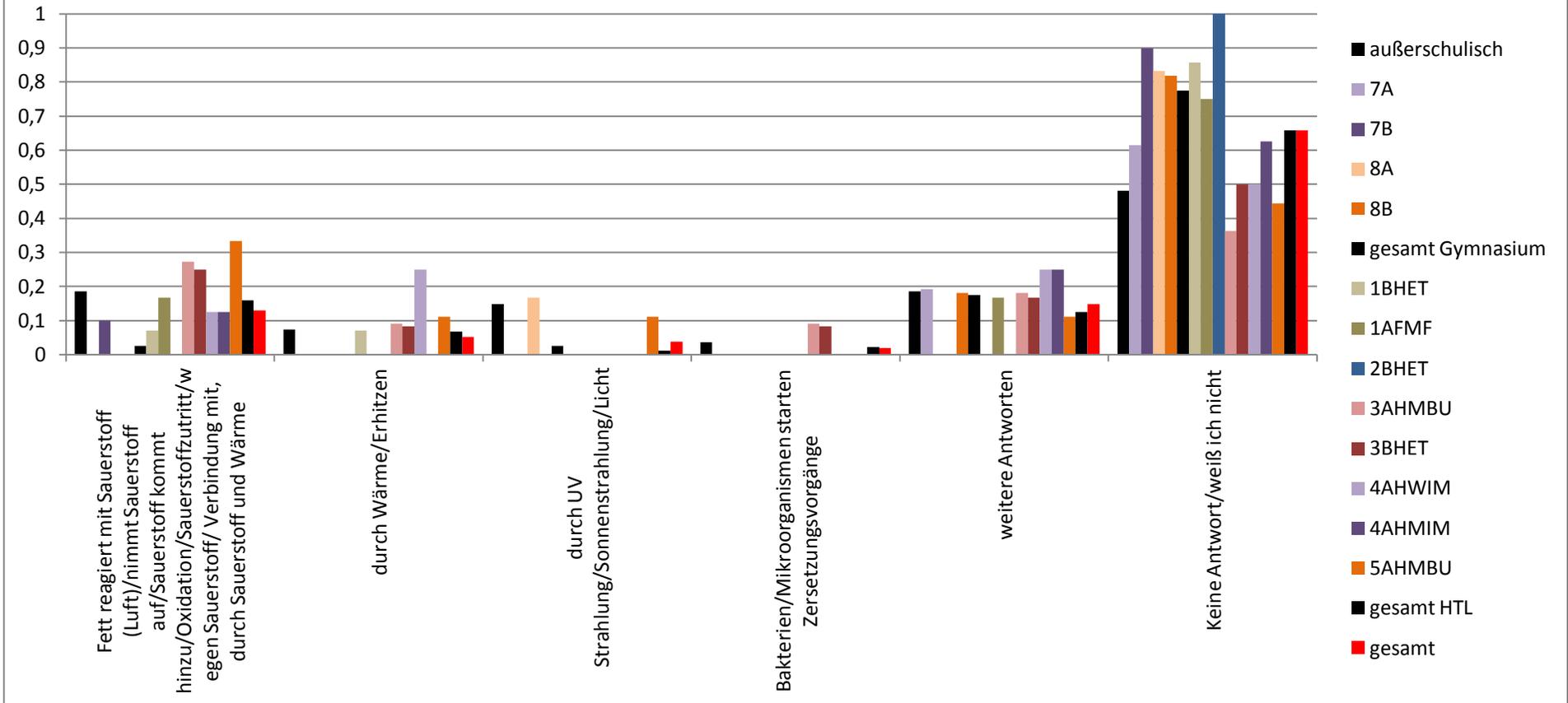


Abbildung 15: Auswertung von Frage 12 über alle Befragungsgruppen und gesamt

Hast du eine Idee, wie man das „Ranzig werden“ verhindern kann?

Auch hier gab der Großteil keine Antwort. 22 % der Befragten nannten Kühlen und Einfrieren als Maßnahme und nur noch 15 % eine luft- bzw. sauerstoffdichte Verpackung (13 % sehen den Grund in der Reaktion mit Sauerstoff). 10 % nannten den Schutz vor Sonnenlicht, wobei es nur 4 % damit begründeten, und 6 % meinten, dass man die Lebensmittel rasch verzehren sollte.

Als Einzelantworten in der **Kategorie „weitere Antworten“** wurden trocken lagern, kühlen in fester Verpackung, mit Hilfe von Salz, durch Konservierungsstoffe, durch Schutzgasatmosphäre, mit steriler Lagerung, durch Säuren, rechtzeitig entsorgen, erhitzen, weniger kaufen und weniger produzieren genannt.

Frage 12 - Hast du eine Idee, wie man das „Ranzig werden“ verhindern kann?

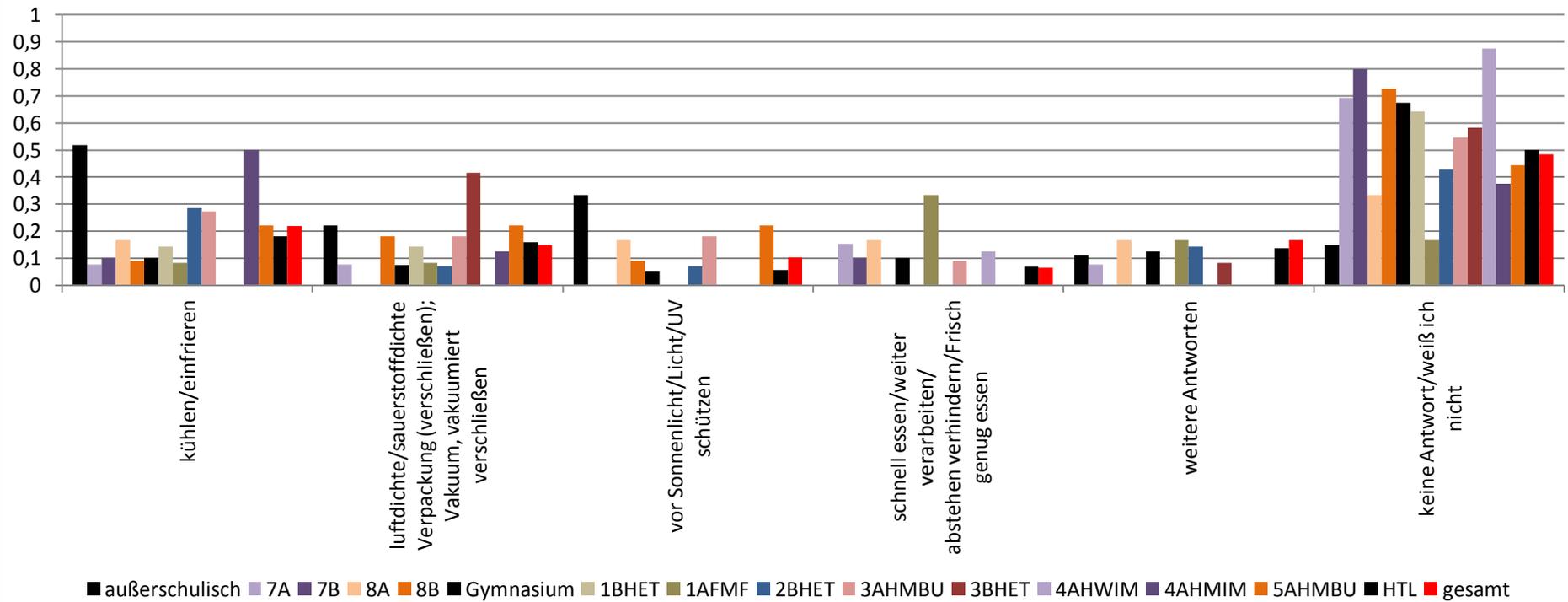


Abbildung 16: Auswertung von Frage 12 über alle Befragungsgruppen und gesamt

5.2.13 Frage 13

Warum benutzt man Vakuumverpackungen?

Mit 52 % wurde hier richtigerweise der Schutz vor Luft/Sauerstoff am häufigsten genannt. Dem Sauerstoff wurde dabei unter anderem aber zugeschrieben, dass er andere Gase oder Mikroorganismen enthalten kann und es dadurch zur Veränderung im Lebensmittel kommt. Als zweithäufigste Antwort wurde mit 43 % genannt, dass sich die Haltbarkeit verlängern lässt. Danach folgt weit abgeschlagen aber ebenfalls richtig (zumindest für aerobe Mikroorganismen) mit 10 %, dass mit Hilfe der Verpackung die Aktivität der Mikroorganismen beeinflusst wird, wobei diese Antwort mit 25 % am häufigsten in einer 8. Klasse Gymnasium genannt wurde. Weitere Antworten, die gelegentlich vorkamen, waren der Schutz vor der Umwelt, Mikroorganismen und Wasserdampf. Beim Schutz vor der Umwelt sind manche der Anschauung, dass alle Gase einen Einfluss auf das Lebensmittel haben. Letztendlich wurde noch genannt, dass mit Hilfe der Vakuumverpackung Platz gespart werden kann.

Einzelantworten beinhalten unter anderem die falschen Aussagen, dass Fleisch mit Hilfe von Vakuumverpackungen seine frische Farbe behält, Lebensmittel aufgrund des Vakuums vor Kohlenstoffdioxid geschützt werden, mit Hilfe des Vakuums heiße Lebensmittel transportiert werden können, aber auch dass es zum Einsatz kommt, wenn Schutzgas nicht möglich ist, wie z.B. bei Fleisch.

Kategorie	vorkommende Antworten
<i>Haltbarkeit verlängern</i>	Damit Lebensmittel nicht verderben, länger frisch bleiben, ewig essbar sind, konserviert werden können
<i>Mikroorganismen in ihrer Aktivität beeinflussen</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Um das Wachstum von Bakterien und Mikroorganismen zu stoppen/reduzieren. • Dass es nicht mit Sauerstoff und Bakterien den Verwesungsprozess in Gang setzen kann. • Damit Bakterien nicht die Lebensmittel zersetzen. • Im Vakuum kann kein Schimmel auftreten bzw. sich nicht Fortpflanzen.
<i>platzsparend</i>	Platzsparend, da Anpassung an Form der Lebensmittel
<i>Schutz vor Luft/Sauerstoff</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Sauerstoff kann auch andere Gase, Mikroorganismen enthalten und damit kann es zur Zerstörung/Veränderung der Lebensmittel kommen. • Sauerstoffmangel hemmt Bakterien- bzw. Schimmelwachstum.
<i>Schutz vor Mikroorganismen</i>	Lebensmittel vor Bakterien, Pilzsporen, Mikroorganismen schützen
<i>Schutz vor Umwelt</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Da alle Gase einen Einfluss auf das Lebensmittel haben - kein Gas kann hinein.

	<ul style="list-style-type: none"> • Lebensmittel vor Substanzen zu schützen, die mit ihnen reagieren könnten. • Um dicht zu verschließen.
<i>Schutz vor Wasser(dampf)</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Damit kein Wasser/keine Flüssigkeit eindringt. • Reguliert den Wasserdampf (z.B. kein Eintritt/Verlust von Wasserdampf)
<i>Verhindern von Oxidation</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Sämtliche Gase entziehen, wodurch Oxidation so gut wie nicht möglich ist. • Lebensmittel werden durch die Oxidation schlecht.
<i>weitere Antworten</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Aromaschutz • es wirkt, als ob mehr vorhanden wäre; damit es größer aussieht • Fleisch behält frische Farbe - Manipulationsgefahr des Kunden • für Stabilität der Verpackung (z.B. Kaffee) • je weniger Sauerstoff und Kohlenstoffdioxid, desto weniger chem. Prozesse können stattfinden • Lebensmittel vor Kohlenstoffdioxid schützen • um den Geschmack beizubehalten • um heiße Lebensmittel zu transportieren • um überschüssige Luft zu entfernen und den Partialdruck von Wasser so zu beeinflussen, dass nahezu kein flüssiges Wasser auftritt • vor dem Austrocknen schützen • wenn Schutzgas nicht möglich ist wie z.B. bei Fleisch

Tabelle 14: Auswertung von Frage 13

Frage 13 - Warum benutzt man Vakuumverpackungen?

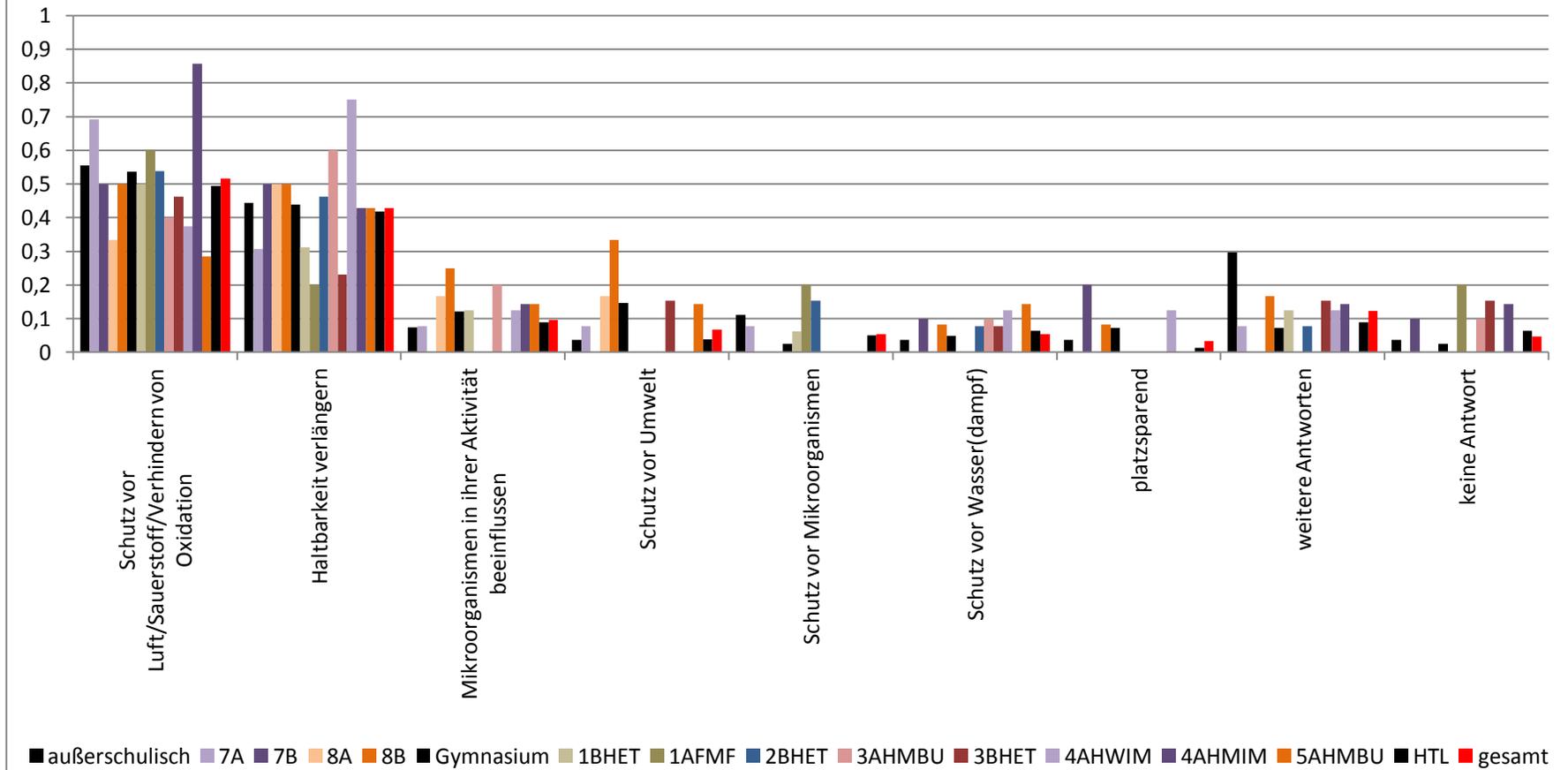


Abbildung 17: Auswertung von Frage 13 über alle Befragungsgruppen und gesamt

5.2.14 Frage 14

Warum benutzt man Verpackungen mit Schutzgasatmosphäre?

Hier steht für 26 % im Vordergrund, dass mit Hilfe der Schutzgasatmosphäre die Haltbarkeit verlängert wird. Den Schutz vor Sauerstoff nannten richtigerweise nur 17 % (bei der Vakuumverpackung waren es immerhin 52 %). Es folgt der Schutz vor der Umwelt mit 14 %, wobei unter anderem angeführt wurde, dass in der Verpackung keinerlei Bakterien vorhanden sind und auch dass das Produkt dadurch vor „giftigen“ Gasen geschützt wird. Nur 8 % gaben entsprechend richtig an (zumindest für aerobe Mikroorganismen), dass Mikroorganismen in ihrer Aktivität beeinflusst werden. Dabei wird aber auch beschrieben, dass diese in der Gasatmosphäre nicht leben können. Weitere 8 % nannten Schutz im Allgemeinen.

Falsche Einzelantworten, die unter anderem genannt wurden, beziehen sich auf den Abbau von Hämoglobin, damit die Farbe schöner bleibt bzw. darauf, dass z.B. bei Cola der Kohlenstoff nicht austritt, gefährliche Substanzen vor Sauerstoff und Lebensmittel vor Kohlenstoff geschützt werden. Weiters wurde noch genannt, dass Produkte aufgrund der gewählten Atmosphäre vor dem Explodieren geschützt (vor allem hochexplosive Stoffe) werden.

Kategorie	vorkommende Antworten
<i>Haltbarkeit verlängern</i>	damit Lebensmittel länger frisch aussehen; Haltbarkeit verlängern, aufgrund der gewählten Schutzgasatmosphäre; Lebensmittel (bis auf einige Jahre) konservieren
<i>Mikroorganismen in ihrer Aktivität beeinflussen</i>	<i>Bakterien/Keime</i> vermindern, Wachstum stoppen, eliminieren, können unter Gasatmosphäre nicht leben
<i>Schutz vor Luft/Sauerstoff</i>	biologische Prozesse wie Oxidation wird verhindert; Sauerstoffzufuhr verhindern (z.B. bis zu 100% kein Sauerstoff); luftdicht abschließen (Reaktion damit verhindern), damit es nicht oxidiert
<i>Schutz vor Umwelt</i>	damit kein Schimmel, keine (giftigen) Gase, keine Keime/Bakterien und keine Schadstoffe an die Nahrung gelangen; Umwelteinflüsse fernhalten; damit nichts hinein bzw. hinaus kommt; in der Luft sind Bakterien, in der Schutzgasatmosphäre aber nicht; normale Atmosphäre kann nicht mehr hinein, da Schutzgas den Platz braucht
<i>weitere Antworten</i>	<ul style="list-style-type: none"> • bei Fleisch verhindert es Abbau von Hämoglobin, damit bleibt Farbe schöner • Fleisch sieht länger rosa und genießbar aus • damit der Geschmack bleibt • damit es nicht zur Reaktion kommt • damit es stabiler wird • damit keine Gase entstehen • damit Konservierungsstoffe nicht verloren gehen • dass z.B. bei Cola der Kohlenstoff nicht austritt • einbringen von inerten Gasen, wie z.B. Kohlenstoffdioxid, welches bei gegebenen Umgebungsbedingungen nicht weiter reagiert • erhalten der Vitamine • Schutz beim Transport • um gefährliche Substanzen vor Sauerstoff zu schützen • um Lebensmittel vor Kohlenstoff zu schützen • um Produkte vor dem Explodieren zu schützen (vor allem hochexplosive Stoffe) • um sie teurer zu verkaufen

Tabelle 15: Auswertung von Frage 14

Frage 14 - Warum benutzt man Verpackungen mit Schutzgasatmosphäre?

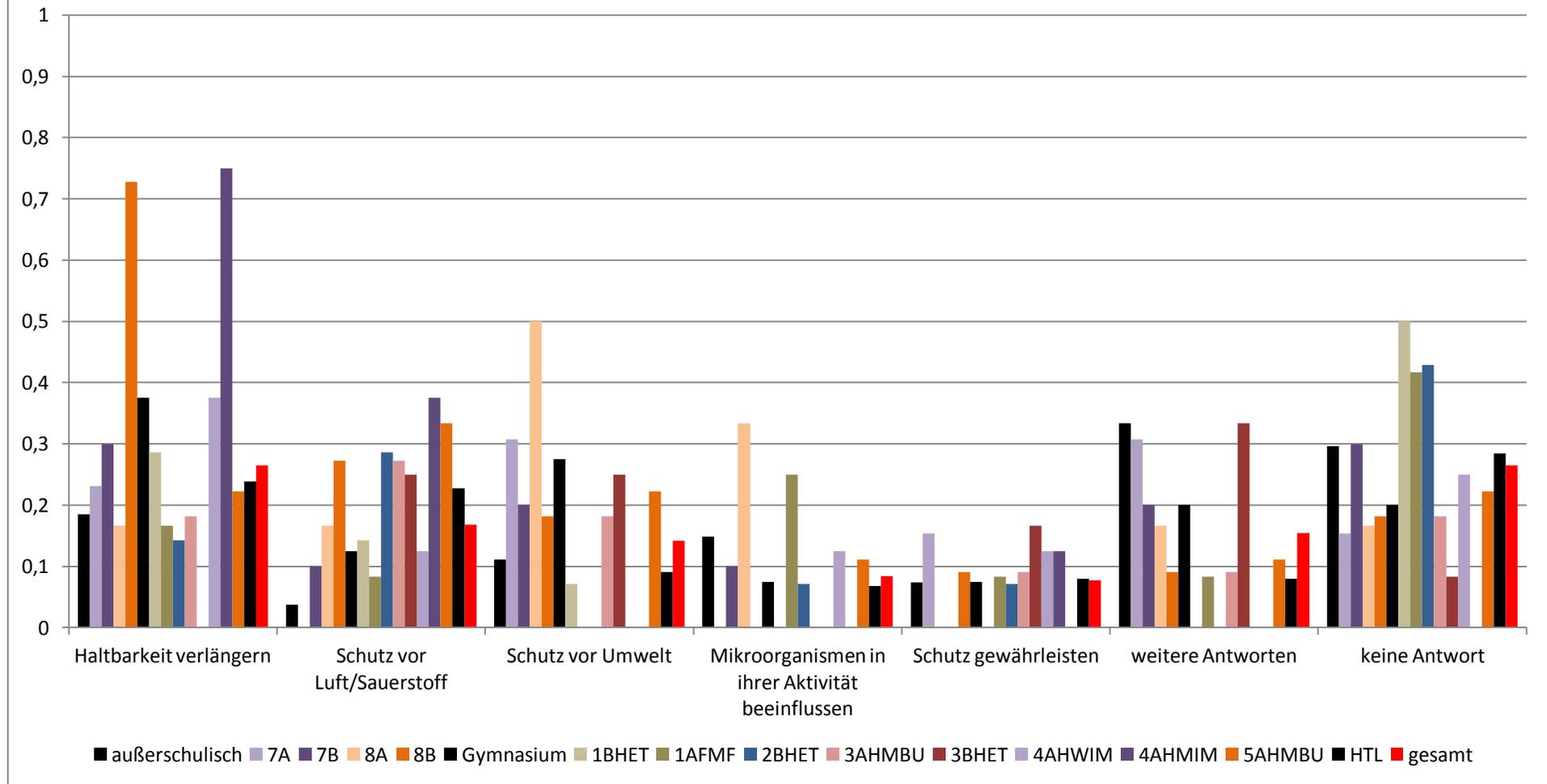


Abbildung 18: Auswertung von Frage 14 über alle Befragungsgruppen und gesamt

5.2.15 Frage 15

Welche Produkte entstehen bei der Verbrennung von Kunststoff und welche bei der Verbrennung von Papier?

5.2.15.1 Papier

Die tatsächlichen Hauptprodukte Kohlenstoffdioxid und Wasser wurden gemeinsam nur von 6 % der Befragten genannt. Im Gymnasium wurde es ausschließlich in einer 8. Klasse angegeben (13 %), in der HTL in einer 3., den beiden 4. und der 5. Klasse. Außerschulisch nannte es niemand. Das zusätzlich bei unvollständiger Verbrennung auch Kohlenstoffmonoxid, Ruß bzw. „irgendein“ Reststoff entsteht, nannten nur Schüler aus einer 4. Klasse und der 5. Klasse HTL.

23 % der Befragten gab nur Kohlenstoffdioxid als Produkt an und 15 % Asche, wobei beides fast in allen Befragungsgruppen genannt wurde. Weiters meinen noch einige, dass Kohlenstoffdioxid und Asche entsteht (5 %) und 4 % gaben an, dass Ruß, Asche, Rauch, Feinstaub bzw. Abgase entstehen.

Einzelangaben beziehen sich unter anderem auf giftige Produkte, organische Stoffe oder auch darauf, dass „nichts“ entsteht (7. Klasse Gymnasium).

Kategorie	vorkommende Antworten
weitere Produkte, die vorkommen können	<i>Es wurden folgende Produkte in unterschiedlichsten Kombinationen genannt:</i> Kohlenstoffmonoxid, Kohlenstoffdioxid, Kohlenstoff, Rauchgase, Abgase, Ruß, Schwefelgase, Gase, Stickoxide
weitere Produkte, wobei ein Teil davon nicht vorkommt	<i>Es wurden folgende Produkte in unterschiedlichsten Kombinationen genannt:</i> Kohlenstaub, Sauerstoff, Kohlenstoffdioxid, Stickstoff, Wasser, Methangas
weitere Antworten	Abgase mit weniger Schadstoffen, Dämpfe, Feuer, Flamme, Giftgase/schädliche Gase, giftige Produkte (riecht ranzig), keine giftigen Produkte, nichts, organische Stoffe, Papierrückstände und Verbrennungsgase, Wärme, Wärme und Gase (ev. Giftig), weniger/ungiftige giftige Gase

Tabelle 16: Auswertung von Frage 15 - Papier

Frage 15 - Welche Produkte entstehen bei der Verbrennung von Papier?

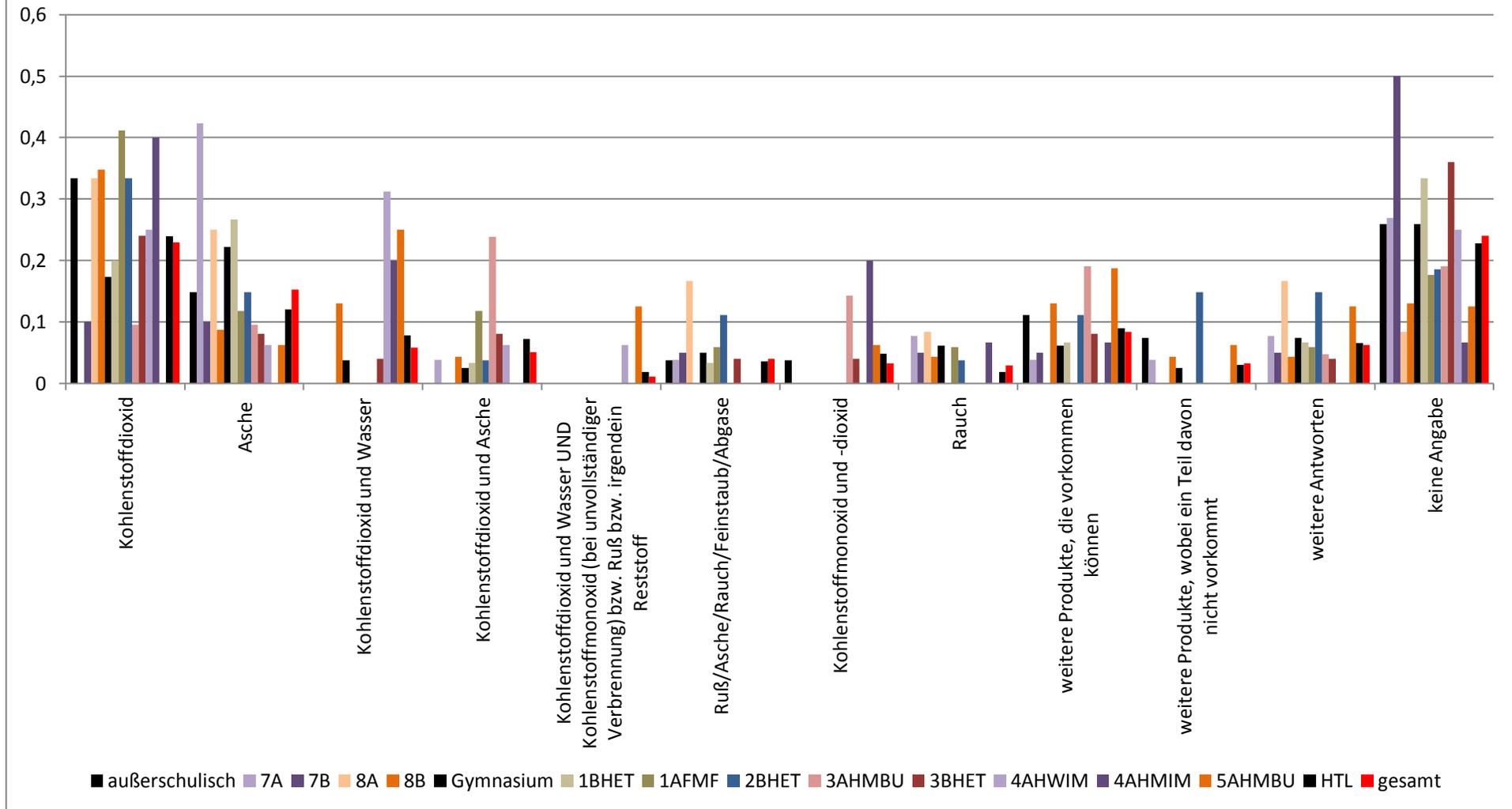


Abbildung 19: Auswertung von Frage 15 über alle Befragungsgruppen und gesamt - Papier

5.2.15.2 Kunststoffe

Dass explizit Kohlenstoffdioxid und Wasser Produkte der Verbrennung sind, wurde nur von 3 % der Befragten genannt, jedoch nur in den 8. Klassen Gymnasium (jeweils ein Schüler) und in den 4. Klassen HTL (insgesamt 7 Schüler). Das zusätzliche Vorkommen von weiteren Produkten zu CO₂ und Wasser wurde jeweils einmal außerschulisch, in einer 8. Klasse Gymnasium und den beiden 4. Klassen HTL sowie viermal in der 5. Klasse HTL genannt.

Hauptsächlich fielen bei den Kunststoffen Begriffe von toxischen Produkten (18 %) und dies in allen Befragungsgruppen. 13 % nannten, dass ausschließlich CO₂ entsteht, und 4 % gaben an, dass toxische Substanzen zusätzlich zu CO₂ entstehen. Wenige Male wird davon ausgegangen, dass ausschließlich Kohlenstoffmonoxid bzw. flüssiges Plastik oder eine flüssige Masse entstehen.

Schlussendlich wurden noch weitere unterschiedliche Produkte in unterschiedlichsten Kombinationen genannt. Dazu siehe Tabelle 17.

Kategorie	vorkommende Antworten
<i>Kohlenstoffdioxid, Wasser und weitere Produkte</i>	weitere Produkte: mehrere Schadstoffe; unverbrannte Kohlenwasserstoffe; Kohlenstoffmonoxid; NO, NO ₂ , SO ₄ je nach Temperatur; Chlorgase (je nach Zusammensetzung des Kunststoffes); Ruß; Fluorverbindungen; irgendein Reststoff
<i>toxische Substanzen</i>	gefährliche/giftige Treibhausgase; giftige Gase bzw. Flüssigkeiten; giftige Dämpfe, je nachdem welche Weichmacher verwendet wurden; (hoch)giftige Masse; giftiger Rauch; toxische Substanzen; Schadstoffe
<i>weitere Antworten</i>	Abgase; Asche; Dämpfe; etwas sehr übel riechendes; Feinstaub; Feuer; neuer Kunststoff; Rauch; rußiger Rauch; Schleim; schwarzer Rauch, der stinkt; stinkender Geruch; stinkender, harter Rest; verbranntes Plastik; Verunreinigungen (Ruß); Kunststoffrückstände und Verbrennungsgase; Wärme; wiederverwendbares Material
<i>weitere Produkte, die vorkommen können</i>	<i>Es wurden folgende Produkte in unterschiedlichsten Kombinationen genannt:</i> Chlor; Stickoxide; Rauchgase; Fluorgase; Kohlenstoff; Kohlenstoffdioxid; Abgase; Asche; klebende Kunststoffmasse; toxische Substanzen/giftige Dämpfe; Gase/materialabhängige Giftstoffe und Kunststoffreste; Kohlenwasserstoffe; Kohlenstoffmonoxid; Giftgase durch chemische Inhaltsstoffe; Treibgase; Gase; Schwefelgase; Wasser; Schwefeldioxid; Methan
<i>weitere Produkte, wobei ein Teil davon nicht vorkommt</i>	<i>Es wurden folgende Produkte in unterschiedlichsten Kombinationen genannt:</i> Kohlenstoffdioxid; Stickstoff; Schadstoffe; Wasser; Kohlenstoffmonoxid; Radikale; HCB; Kohlenwasserstoffverbindungen; verschiedene Oxidverbindungen, auch Säuren; PVC;

Tabelle 17: Auswertung von Frage 15 - Kunststoff

Frage 15 - Welche Produkte entstehen bei der Verbrennung von Kunststoff?

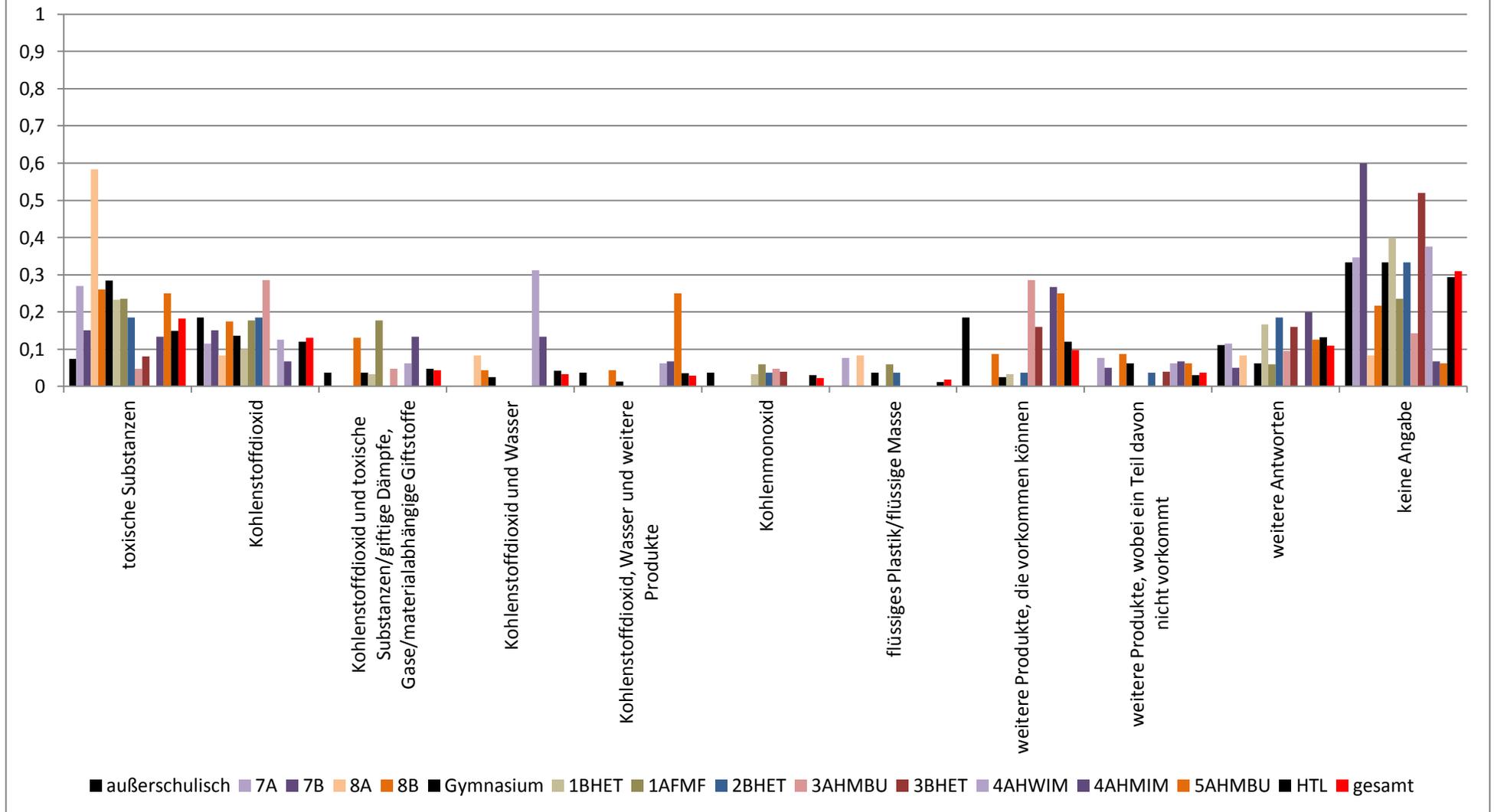


Abbildung 20: Auswertung von Frage 15 über alle Befragungsgruppen und gesamt - Kunststoff

5.2.16 Frage 16

Kann man auch einen Nutzen aus der Verbrennung von Kunststoff bzw. Papier ziehen?

45 % der Befragten gaben entsprechend richtig an, dass der Nutzen die Gewinnung von Energie bzw. Wärme ist. Weitere 10 % beziehen sich ebenfalls richtig auf den Begriff „Heizen“, wobei dieser vor allem in der HTL umso öfter auftritt, je höher die Schulstufe ist. Jeweils 8 % gaben nur „Ja“ bzw. „Nein“ an und weitere 8 % beziehen sich richtigerweise explizit auf die Stromgewinnung. 7 % meinen weiter, dass nur Papier nutzvoll ist, Kunststoff aber nicht und 3 % sehen in der Verbrennung einen Recyclingvorgang. Hier gaben sie beispielsweise an, dass wieder Erdöl gewonnen werden kann bzw. die Edukte wiederverwendet werden können. Weitere 2 % würden aus den geschmolzenen Kunststoffen neue Produkte machen.

Bei den Einzelantworten liegen die Fehlvorstellungen vor, dass das Kohlenstoffdioxid als Heizmittel weiterverwendet werden kann, generell eine „Kohlenstoffdioxidgewinnung“ stattfindet, man aus den Produkten der Verbrennung Kohletabletten erzeugt, der Kunststoff gänzlich verschwindet, nur bei Papier Licht abgegeben wird und Kunststoff bei hohen Temperaturen verbrannt wird, sodass kein schädlicher Rauch entsteht.

Kategorie	vorkommende Antworten
<i>Energie/Wärme</i>	<p>Beheizen von Anlagen z.B. Trocknen in der Zementindustrie;</p> <p>Betreiben eines Dampfkessels zur Bereitstellung von elektrischer und thermischer Energie;</p> <p>durch Verbrennungsenergie Turbinen antreiben oder heizen (Wasser in Rohre);</p> <p>Wärme auch als Energie nutzen;</p> <p>Wärmekraftwerk/Dampfkraftwerke; Fernwärme</p>
<i>Heizen</i>	<p>1kg Kunststoff hat fast selben Brennwert wie 1kg Öl, muss jedoch gut gefiltert werden; Müllverbrennung zum Heizen;</p> <p>Es muss kein neues Erdöl verwendet werden; Kunststoffe haben ähnliche Energiedichte wie Heizöl</p>
<i>Recycling</i>	<p>Gewinnung von Erdöl aus Kunststoffen; Edukte wiederverwerten; Wiedergewinnung von Erdölprodukten aus Kunststoff</p>
<i>Stromgewinnung</i>	<p>Licht; Stromgewinnung durch Turbinenantrieb; Stromerzeugung mit Wasserdampf; Wärmegenerator für Strom; z.B. Müllverbrennungsanlagen produzieren Strom</p>
<i>weitere Antworten</i>	<p>Asche aus Papier für Dünger; bei Papier entstehen keine giftigen Gase; Feuer; ja, falls das Kohlenstoffdioxid als Heizmittel weiterverwendet wird;</p> <p>Kohlenstoffdioxidgewinnung; Kohletabletten; Kunststoff ja, Papier nein; Kunststoff nein, Papier ja (so halb); Kunststoff: Verschwunden; Licht bei Papier;</p> <p>nein, weil es würden mehr Schadstoffe austreten, als es etwas bringen würde; Papier kann durch Verbrennung entsorgt werden, ohne zu schaden; Papier kann man wieder zu Papier verwerten; Papier kann man zum Düngen von anderen Bäumen verwenden; Papier Kohle; Papier wird verbrennt, sodass Mülllagerplätze kleiner werden. Kunststoff wird bei hohen Temperaturen verbrannt, sodass kein schädlicher Rauch entsteht.; Papier: Hefte, Klopapier Sackerl; vielleicht für die Forschung; weniger Müll/schnell Abfallbeseitigung</p>

Tabelle 18: Auswertung von Frage 16

Frage 16 - Kann man auch einen Nutzen aus der Verbrennung von Kunststoff bzw. Papier ziehen?

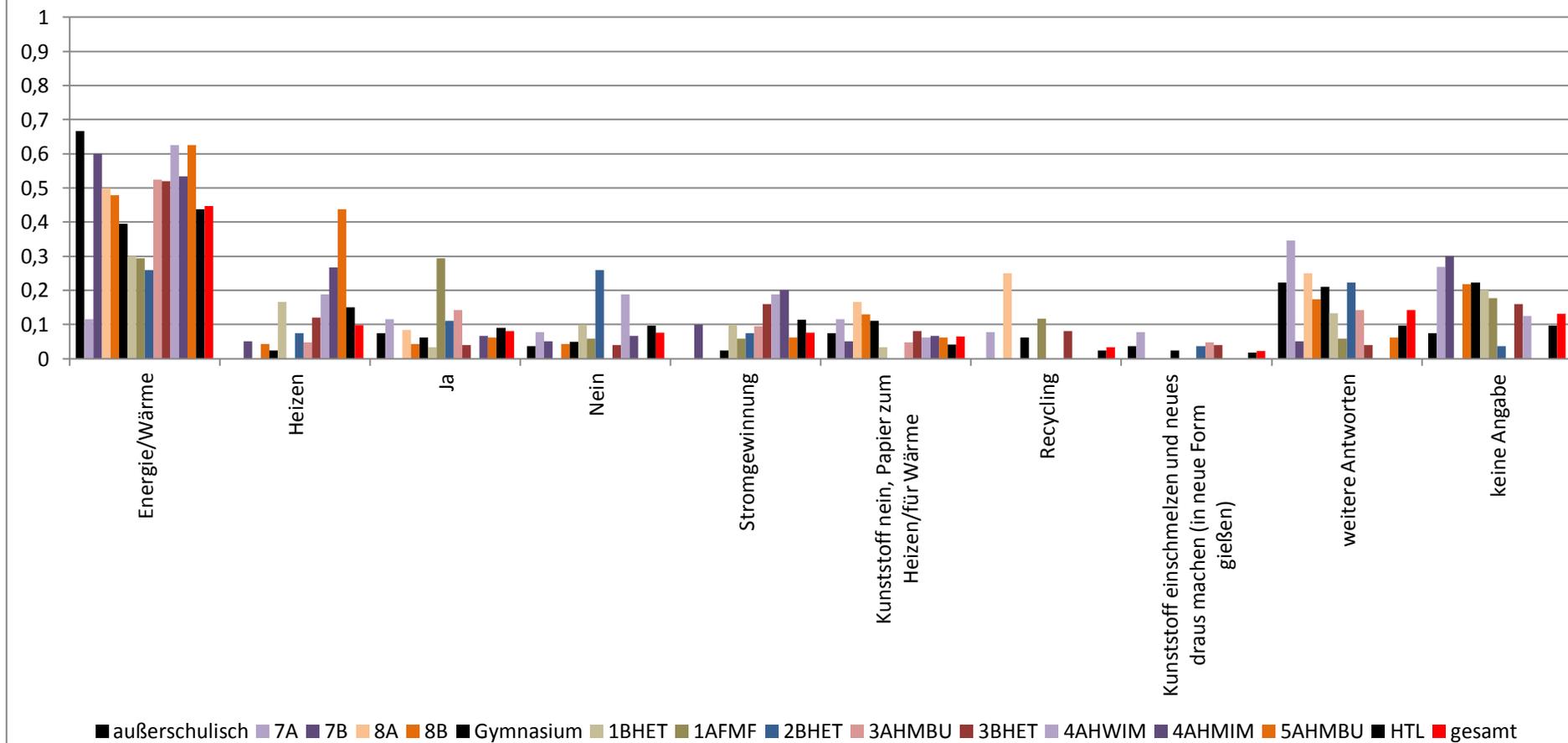


Abbildung 21: Auswertung von Frage 16 über alle Befragungsgruppen und gesamt

5.2.17 Frage 17

Der Lebensmittelinhalt von geöffneten Dosen sollte möglichst rasch umgeleert werden. Hast du eine Vermutung warum?

Im Folgenden werden die Antworten aus den jeweiligen Klassen angegeben. Der notwendige Grund für das Umleeren hat entsprechend dem Kapitel 4.2.3 mit Korrosionsvorgängen aufgrund fehlerhafter oder beschädigter Stellen bei den Dosen und eines damit einhergehenden erhöhten Zinn- oder Aluminiumgehaltes zu tun.

Von den außerschulisch Befragten, den Schülern der 7. Klasse Gymnasium sowie den 1. bis 4. Klassen HTL wurde als Vermutung angegeben, dass es zur Oxidation kommt und dadurch der Inhalt schlecht wird. Ebenfalls von den Außerschulischen, den gesamten Gymnasiumklassen sowie der 1., 2. und 4. Klasse HTL wurde einfach nur erwähnt, dass durch das Öffnen zu viel Sauerstoffeintritt stattfindet. Generell wurde auch genannt, dass es in der Dose nicht so gut schmeckt bzw. durch das Umleeren die Haltbarkeit verlängert wird.

Außerschulisch wurde weiters argumentiert, dass ansonsten Metallgeschmack entsteht, durch die Luft der Metallgehalt erhöht wird bzw. Stoffe vom Metall vom Lebensmittel aufgenommen werden, aber auch dass das Produkt oxidieren kann und dadurch ungenießbar wird oder dass die Schutzgasatmosphäre fehlt und es daher schneller zum Verderben kommt.

Dass durch die Oxidation des Metalls an der Luft Zinn-Ionen entstehen können, wurde damit beschrieben, dass

- durch die Oxidation giftige Stoffe entstehen.
- die Dosen rosten und Rost giftig ist.
- durch die nicht mehr vorhandene Schutzatmosphäre sich mit den Bestandteilen der Zinn-Beschichtung u.a. Botox-Bakterien bilden, weil die Passivschicht von Zinn beim Öffnen Kontakt zum Stahl ermöglicht und dies zur Korrosion und somit zur elektrochemische Reaktion führt.
- Sauerstoff und Gase bei Kontakt mit dem Inneren der Dose giftig auf das Lebensmittel wirken.
- damit vom Metall nichts frei wird.
- Metall ansonsten giftige Stoffe auswirft.
- Dosenbestandteile in die Lebensmittel diffundieren.
- Dosen sich verfärben und den Geschmack der Lebensmittel ändern.

- Clostridium perfringens und allen voran botulinium (das giftigste natürlich vorkommende Bakterium auf der Welt) entstehen kann - vor allem bei falsch gelagerten nicht geöffneten Dosen.

Weitere Befragte haben argumentiert, dass Aluminiumdosen im Allgemeinen nicht sehr gesund sind und aufgrund des Aluminiumgehalts umgeleert werden müssen bzw. durch die Sauerstoffzufuhr sich das Aluminium ändert.

Die Schüler der 7. Klasse Gymnasium meinten, dass die Lebensmittel zäh werden, wenn sie zu lange im Öl liegen, keine Konservierung mehr vorhanden ist aber auch, dass im geschlossenen Zustand Vakuum vorliegt und nach dem Öffnen Substanzen eintreten können, wodurch das Produkt schlecht wird. Weiters gaben sie an, dass es zu Ablagerungen des Metalls kommt, die man dann mittrinkt, sich der Inhalt mit der Dose verbindet oder dass das Aluminium unter Sauerstoffeinfluss reagieren könnte. Außerdem würde es in der Dose rascher verderben. Bei Cola würde weiters die Kohlensäure entweichen und Metall, Cola und Sauerstoff würden dazu führen, dass das Cola schlecht wird.

Die 8. Klassen sind der Meinung, dass man durch das Umleeren in ein geschlossenes Behältnis Schimmelbildung verhindern kann, da weniger Sauerstoff hinein kann, aber auch weil sich vielleicht schon Bakterien im Inneren der Dose festgesetzt haben und die Dose nicht wiederverschließbar ist. Eine weitere Vermutung war, dass die Dosen mit Wasserdampf in Reaktion gehen, wodurch sich Stoffe aus der Dose lösen und es dadurch zur Zerstörung oder Änderung der Lebensmittel kommen kann.

Dass durch die Oxidation des Metalls an der Luft Zinn-Ionen entstehen können, wurde damit beschrieben, dass

- die Oxidation des Metalls zu Rost führt, dieser den Geschmack beeinflusst und zu raschem Verderben führt.
- Metall auch aufgrund des Sauerstoffes oxidiert und das Lebensmittel dadurch aufgrund von Metalloxiden verändert wird.
- Metall und Sauerstoff nicht gut in Verbindung sind und daher der Inhalt schädlich werden kann.
- Metall an der freien Luft Stoffe abgibt.
- die Dose ansonsten innen mit der Luft reagiert und Bakterien entstehen.

Die Schüler der 1. Klasse HTL argumentieren damit, dass in der Dose die benötigte Luft nicht überall hinkommt bzw. durchs Öffnen Luft in die Dose kommt und dadurch schnell Schimmel entsteht. Außerdem meinen sie, dass Schadstoffe in der Dose vorliegen, durch

das Umleeren besser durchgemischt wird sowie, dass sich der Inhalt ansonsten mit dem Sauerstoff zusammenmischt und es dann zu Stinken beginnt. Ein weiterer Teil gab an, dass die Reaktion mit Sauerstoff zur schnelleren Verrottung führt, sich Bakterien ansammeln bzw. eintreten können, Metall sich in die Flüssigkeit einbindet oder dass die absplitternden Teilchen in der Verpackung die Gesundheit beeinträchtigen können bzw. dass Aluminium im Allgemeinen nicht sehr gesund ist.

In der befragten 2. Klasse waren die Antworten, dass Dosen kein guter Schutz gegen Außeneinflüsse sind, Aluminium krebserregend ist, die Dosen nicht wieder verschließbar sind, Verschmutzungen wie z.B. kleine Tiere hineinkommen können, Sauerstoff das Lebensmittel verderben lässt und dass sich Bakterien ansammeln können.

Weiters gaben sie als Antwort, dass Licht eintreten kann bzw. aufgrund von UV-Strahlung Schadstoffe in der Dose freigesetzt werden können.

In den 3. Klassen ist man der Meinung, dass aufgrund von Kohlenstoffen giftige Elemente aus den Dosen gelöst werden können, sich entweder die ganze Flüssigkeit oben absetzt oder die ganze Flüssigkeit am Boden ist und man daher umleeren sollte, man in einer Dose nicht sehen kann, ob vielleicht eine Biene drinnen ist und dies zur Lebensgefahr führt, die Dosenwände giftige Beschichtungen haben, aber auch dass sich Bakterien ansammeln können und dass die Schutzatmosphäre weg ist.

Dass durch die Oxidation des Metalls an der Luft Zinn-Ionen entstehen können, wurde damit beschrieben, dass

- durch den Sauerstoff giftige Elemente in der Dosen freigesetzt werden.
- durch Sauerstoff ein ungesundes Gas in der Dose entsteht.
- Dosen aus Metall bestehen und wenn die Dose geöffnet ist, sie zu oxidieren beginnt.
- die Luft die Blechwände der Dose oxidieren lässt.

Weiters argumentieren sie, dass sich durch Bestrahlung mit Licht schädliche Stoffe aus dem Blech lösen können, sowie dass das Aluminium sich an Lebensmitteln absetzt und dies nicht gesundheitsfördernd ist bzw. das Aluminium oxidiert.

In den 4. Klassen der HTL wird vermutet, dass ansonsten der Inhalt mit den Inhaltstoffen der Verpackung reagiert, der Sauerstoff das Getränk verändert, dass es den Mythos gibt, aus eingedrückten Dosen nicht zu Essen, oder dass Schutzgas verloren geht.

Dass durch die Oxidation des Metalls an der Luft Zinn-Ionen entstehen können, wurde damit beschrieben, dass

- Luft eindringt und dadurch Stoffe aus dem Metall auf den Inhalt übergehen.

- Material der Dosen mit Luft und dem Inhalt reagiert, was nicht gesund ist.
- unlackierte Stellen korrodieren könnten.

Weiters wird argumentiert, dass Aluminium womöglich Stoffe an das Lebensmittel abgibt, welche schädlich sind und dieser Prozess in Gang gesetzt wird, sobald die Dose geöffnet ist und dass aufgrund des Lufteinflusses (in Zusammenhang mit dem Sauerstoff) das Aluminium mit dem Lebensmittel darin reagiert und diese Aluminiumteilchen aufnehmen, was ungesund ist bzw. für den Menschen giftige Stoffe bildet.

Die 5. Klasse beschrieb die Entstehung von Zinn-Ionen an der Luft durch Oxidation des Metalls damit, dass

- Sauerstoff zusammen mit den Lebensmitteln die Verpackung angreift und giftige, schädliche Stoffe herauslöst.
- die Lebensmittel durch die Dose schneller kaputt werden.
- die Oberfläche der Dose mit Sauerstoff in Kontakt kommt und deswegen Reaktionen ablaufen, dessen Endprodukte in die Lebensmittel kommen können.
- Luft mit der Innenseite der Aluminiumdose reagiert und zu oxidieren beginnt.
- Metalle oxidieren und giftige Stoffe bilden.

Weitere Antworten wurden in dieser Klasse nicht gegeben.

5.2.18 Frage 18

Kann Wasserdampf eher durch polare oder unpolare Verpackungsmaterialien durchdringen? Warum?

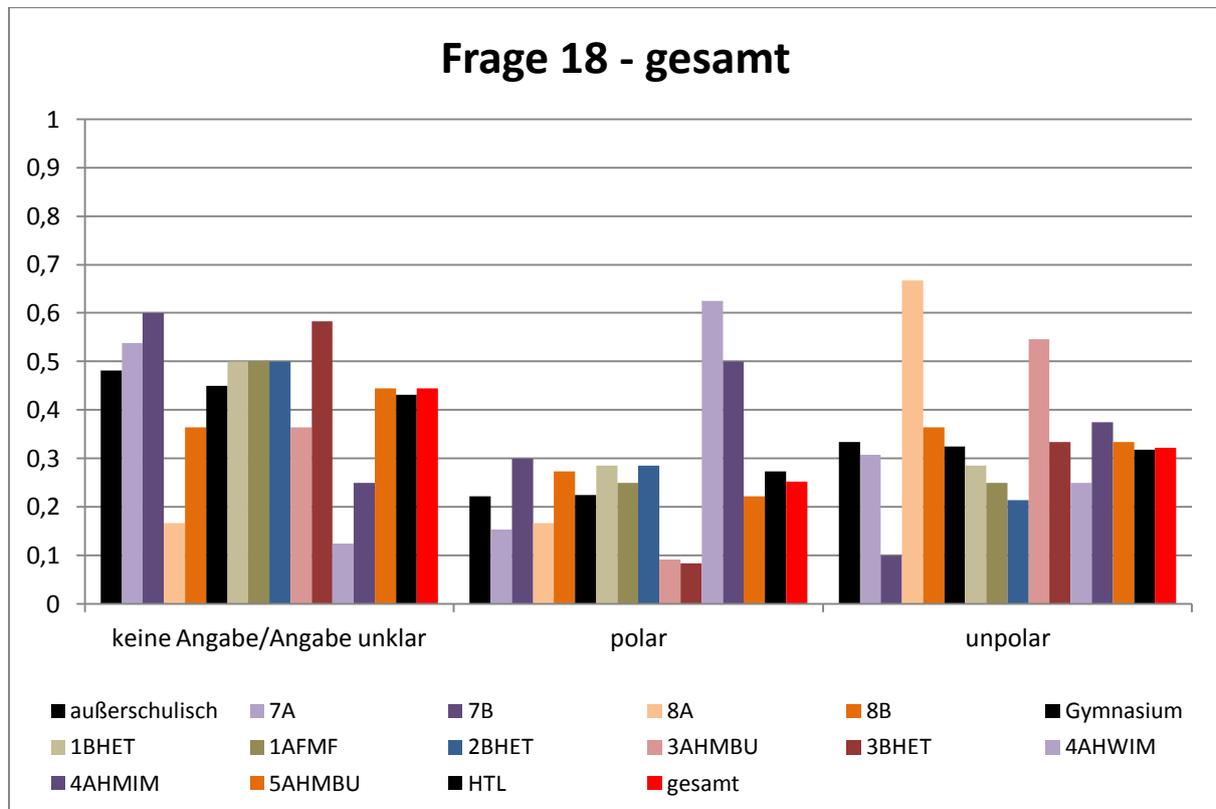


Abbildung 22: Auswertung von Frage 18 über alle Befragungsgruppen und gesamt

Wie die Auswertung zeigt, behaupten nur in den 4. Klassen der HTL über 50 % der Schüler, dass Wasserdampf eher durch polare Verpackungsmaterialien durchdringt. In den anderen Befragungsgruppen liegen wir unter 30 %. In den Auswertegruppen außerschulisch, Gymnasium, HTL und gesamt haben über 30 % der Befragten die nicht richtige Meinung, dass Wasserdampf eher durch die unpolaren Verpackungsmaterialien durchdringen kann. Begründungen wurden weiters nur von 34 der insgesamt 155 Befragten gegeben, welche im Folgenden zusammengefasst werden:

Dass Wasserdampf wie unter 4.3.1 beschrieben durch polare Verpackungsmaterialien durchdringen kann, wurde seitens HTL Schüler der 2. Klasse damit begründet, dass er von den negativen Polen angezogen wird, von den 4. Klassen wurde genannt, dass Wasserdampf (Wasser) polar (Dipol) und hydrophil (wasseranziehend) ist und daher leichter durchgelassen wird, weil polare Verpackungsmaterialien wasserähnlich sind, aber auch aufgrund der Wasserstoffbrückenbindung. Weiters nannten sie, dass Wasserdampf eher durch polare Verpackungsmaterialien durchdringen kann, da sie sich vermischen. Eine

Begründung aus der 5. Klasse lautete, da sich polar und unpolar abstoßen, wobei hier davon ausgegangen wurde, dass Wasser unpolar ist.

Außerschulisch wurde genannt, dass polare Verpackungen durchlässiger sind, da sich gleiche Teilchen eher abstoßen und somit kein so festes Gefüge bilden.

In der 7. Klasse Gymnasium kam die Antwort, dass sie besser durch polare Verpackungen durchdringen, weil keine Ladungen herrschen und in der 8. Klasse wurde angegeben, dass sie instabiler sind bzw. weil Wasser polar ist.

Außerschulisch wurde das bessere Durchdringen von Wasserdampf durch unpolare Verpackungsmaterialien damit begründet, weil unpolare Materialien einen amorphen Molekülaufbau haben (z.B. Glas), in ihnen schwächere Bindekräfte herrschen und so mehr Platz für fremde Moleküle ist aber auch, weil diese Materialien nicht so gut zusammen halten.

In den 7. Klassen Gymnasium wurde genannt, dass Wasserdampf besser durch unpolare Verpackungen durchdringt, da die Dichte von Wasser zum Verpackungsmaterial ähnlich ist und als weitere Antwort wurde angegeben, dass sich Wasserdampf damit verbinden kann. In den 8. Klassen wurde damit argumentiert, dass die Anziehung nicht mehr so hoch ist als bei polaren und weil sich Wasser und unpolare Stoffe nicht verbinden.

In der 2. Klasse HTL wurde das Durchdringen durch unpolare Materialien damit argumentiert, dass diese nicht eingefroren sind, wenn sie aber am Nordpol wären, dann würde Wasserdampf eher durch polare Materialien durchdringen. Weiters wurde genannt, dass Wasserdampf von anderen polaren Dingen abgestoßen wird, da er polar ist, weshalb er leichter durch unpolare Materialien durchdringt. Die 3. Klasse sprach sich für unpolare Materialien aus, weil die Wassermoleküle durch Lücken austreten können, die Atome bei unpolaren Materialien ungeordnet sind, aber auch aufgrund der Gitternetzanordnung, der Verflechtungen und der daraus folgenden Dichte. Außerdem meinen sie, dass die Atomrümpfe nicht so nah beisammen sind. Weiters wurde in der 4. Klasse auf die Wasserstoffbrückenbindungen hingewiesen sowie auf kleinere Anziehungskräfte bei unpolaren Materialien. In der 5. Klasse meinte man dazu, dass sich polar und polar zu stark anziehen würden und daher unpolare Materialien eine bessere Durchlässigkeit haben, aber auch weil Wasser unpolar ist und unpolar und polar sich nicht mischen.

Dass ein Durchdringen weder durch polare noch durch unpolare Materialien möglich ist, wurde damit begründet, dass Wasserdampfmoleküle zu groß sind, um Bindungen auf atomarer Ebene zu durchwandern.

5.3 Kurzzusammenfassung der Befragung

Grundsätzlich hat sich gezeigt, dass sich Fragebögen, mit welchen relativ unbekanntes Wissen abgefragt wird, als sehr gute Unterrichtsmethode eignen. Der Hauptgrund liegt darin, dass dadurch, wie sich während der Befragung zeigte, Interesse geweckt wird und viele regelrecht gespannt die Antworten erwarten. Außerdem erhält man sofort gesammelt eine Rückmeldung über sämtliche Fehlvorstellungen, aber auch auf absolut unbekanntes Wissen und kann dementsprechend die Unterrichtsgestaltung ausführen. Wichtig dabei ist jedoch, entsprechende Experimente bzw. Materialien einzusetzen, um die Fehlvorstellungen zu besprechen und aufzuarbeiten und die wissenschaftlichen Theorien zu verankern.

Die erhaltenen Ergebnisse zeigen auch, dass viele Themen, welche die Schüler bereits wissen sollten, nach wie vor falsch verankert sind. Außerdem ist es vielen oft auch nicht möglich, richtige Schlüsse aus dem Gelernten zu ziehen und entsprechend zu interpretieren bzw. zu argumentieren.

Beispielsweise wird Sauerstoff einerseits von vielen als Schutzgas angeführt, andererseits geben sie jedoch an, dass die Lebensmittel vor diesem geschützt werden sollen. Dies zeigt, dass Transferleistungen oft nicht gelingen. Eine ausführliche Diskussion der Ergebnisse ist dem Kapitel 7 zu entnehmen.

Im folgenden Kapitel sollen nun entsprechende Unterrichtsmöglichkeiten dargestellt werden, um die vorhandenen Fehlvorstellungen durch die heutigen wissenschaftlichen Erkenntnisse und Theorien zu ersetzen.

6 Umsetzung im Unterricht

6.1 Lehrplan und Umsetzung

Der Lehrplan für Chemie sieht in der AHS-Oberstufe vor, dass die Schüler im Kapitel „Rohstoffe, Synthesen und Kreisläufe“ über wichtige chemische Grundprodukte und ihre Verwendung Bescheid wissen, aber auch über die Gewinnung, Verwendung und Wiederverwertung von Metallen, keramischen und makromolekularen Stoffen ein Wissen aufbauen. Letzteres ist ein verbindlicher Zusatz für alle realgymnasialen Schulformen. Zusätzlicher Inhalt im Realgymnasium ohne Darstellende Geometrie ist außerdem das Thema der nachwachsenden Rohstoffe. [33]

Im Lehrplan der HTL wird angeführt, dass die Schüler im Bereich der anorganischen und organischen Technologie und Ökologie, Rohstoffe und Produkte kennen sowie deren Bedeutung für Wirtschaft, Technik, Gesellschaft und Umwelt verstehen. [34]

In all diesen Bereichen kann man Unterrichtseinheiten mit dem Thema „Lebensmittelverpackungen“ halten. Voraussetzung sollte jedoch sein, dass Strukturen und Eigenschaften von Metallen, Glas und Kohlenwasserstoffverbindungen (Mineralölprodukte, Fette und Kohlenhydrate) bereits besprochen wurden. Die in den folgenden Kapiteln aufgezeigten Versuche können, außer in Stunden mit dem Thema „Lebensmittelverpackungen“, auch stets bei den jeweiligen Themengebieten wie beispielsweise den Chemischen Reaktionen, dem Energieumsatz, den Kohlenwasserstoffverbindungen oder auch der Elektrochemie eingesetzt werden. Dadurch gelingt es, dass die Schüler bereits in der jeweiligen Thematik einen Erkenntnisgewinn zum Alltag erhalten.

Die Versuchsblätter für die Schüler sind dem Anhang zu entnehmen.

6.2 Fragen 1 - 4, 6 und 11 - 14

Bei der Umfrage wurden Fehlvorstellungen ermittelt, die behoben werden sollen. Schüler oder Schulabgänger denken zum Beispiel, dass Luft für das Austrocknen der Lebensmittel verantwortlich ist, Verpackungen Lebensmittel kühlen oder warm halten können, Biokunststoffe ohne weiteres in der Natur, im Biomüll oder auf dem Kompost abgebaut werden und Methan, Chlor und Butan Schutzgase sind. Diese und noch weitere Fehlvorstellungen sollen mit Hilfe der folgenden Unterrichtsmethode und den dargestellten Versuchen aufgehoben und bearbeitet werden.

Die Erarbeitung der Fragen 1 - 4, 6 und 11 - 14 und der Fehlvorstellungen kann mit Hilfe einer Expertenrunde durchgeführt werden. Das Ziel dabei ist, dass die Schüler die Inhalte

selbstständig erarbeiten, Fehlvorstellungen aufgreifen und mit einbeziehen sowie anschließend als Experte die Themen ihren Mitschülern präsentieren und erklären. Aufgrund der Vorgehensweise können die Handlungskompetenzen der Schüler gefördert werden. Sie müssen sich bei der Arbeit „Wissen organisieren“, „Erkenntnisse gewinnen“ und „Schlüsse ziehen“. Bei der Anforderungsdimension steht vor allem selbstständige Arbeit im Vordergrund, die Lernenden sind gefordert, Verbindungen zwischen Sachverhalten herzustellen und gegebenenfalls wissenschaftliche Konzepte zu nützen. Schlussendlich sollen sie in den Expertenrunden über Lebensmittelverpackung Auskunft geben und den Inhalt entsprechend kommunizieren.

6.2.1 Unterrichtseinheiten

Vorbereitung

Die Fehlvorstellungen lassen sich miteinbeziehen, indem in der Stunde vor Beginn der Expertenrunden die Fragen 1 - 4, 6 und 11 - 14 schriftlich als Fragenkatalog abgefragt werden und die Antworten bzw. explizit die Fehlvorstellungen von der Lehrkraft zusammengefasst und den jeweiligen Expertenrunden zur Verfügung gestellt werden.

Weiters sollen sich die Schüler bis zur besagten Einheit in ihren Gemeinden bzw. Abfallwirtschaftsverbänden über die verbrauchten Müllmengen im vergangenen Jahr erkundigen und die Informationen in den Expertenrunden miteinbauen sowie Müllsäcke oder Verpackungen aus „Biokunststoffen“ mitnehmen, damit diese vergraben und deren Zersetzung beobachtet werden kann (siehe dazu 6.2.1.2).

Die Unterrichtsstunden

Mindestens zwei Unterrichtseinheiten sollten für die Bearbeitung der Thematik vorgesehen werden.

Die Schüler teilt man in vier Gruppen ein (je nach Klassengröße können auch mehr erforderlich sein, wobei dann mehrere Gruppen dieselben Fragestellungen bekommen) und konfrontiert sie mit folgenden Frageblöcken, welche zusammengefasst die Fragen 1 - 4, 6 und 11 - 14 darstellen:

- 1. Welche Aufgaben hat eine Lebensmittelverpackung zu erfüllen?**

- 2. Welche Verpackungsmaterialien kennst du und was kann man mit ausgedienten Lebensmittelverpackungen machen?
Was stellst du dir unter kompostierbaren Biokunststoffen vor?**

- 3. Manche Lebensmittel werden unter Schutzgasatmosphäre verpackt. Bei welchen der folgenden Moleküle handelt es sich um ein sogenanntes Schutzgas und warum benutzt man Verpackungen mit Schutzgasatmosphäre?**

<input type="checkbox"/> Kohlenstoffdioxid (CO ₂)	<input type="checkbox"/> Methan (CH ₄)
<input type="checkbox"/> Stickstoff (N ₂)	<input type="checkbox"/> Chlor (Cl ₂)
<input type="checkbox"/> Sauerstoff (O ₂)	<input type="checkbox"/> Butan (Feuerzeuggas)

Warum benutzt man Vakuumverpackungen?

- 4. Warum verzögert kühle Aufbewahrung von Lebensmitteln den Verderb?
Warum werden Fette ranzig und hast du eine Idee, wie man das „Ranzigwerden“ verhindern kann?**

Die Aufgabe der Schüler soll es sein, die Fragen und Fehlvorstellungen in den Expertengruppen mit Hilfe von entsprechenden Hilfsmitteln auszuarbeiten und richtig zu stellen. Dabei kann man der Gruppe 1 das Kapitel 4.1, der Gruppe 2 das Kapitel 4.2, der Gruppe 3 die Kapitel 4.3.2 und 4.3.3 sowie der Gruppe 4 die Kapitel 4.3.4 und 4.3.5 zur Verfügung stellen. Außerdem sollen sie im Bedarfsfall ihre Mitschrift, das Schulbuch, weitere Bücher oder das Internet verwenden. Die erhaltenen Daten der Gemeinden oder vom Abfallwirtschaftsverband bzw. die mitgebrachten Materialien aus Biokunststoffen sollen der

Gruppe mit dem Fragenblock 2 zur Verfügung gestellt werden. Für diesen Teil sollte maximal eine Unterrichtsstunde eingeplant werden.

Nachdem die Erarbeitung abgeschlossen ist, werden Gruppen gebildet, in welchen jeweils ein Experte sitzt und alle Fragen gemeinsam besprochen und gegebenenfalls neu auftretende Punkte diskutiert und aufgeschrieben werden. Bei dieser Phase sollte man 20 Minuten (5 Minuten pro Frage) einberechnen.

Abschließend werden die Fragen, Fehlvorstellungen und offenen Punkte im Plenum besprochen, sodass alle Schüler denselben Wissensstand aufweisen.

Außerdem können folgende Experimente eingesetzt werden, um Fehlvorstellungen zu beseitigen:

- **Herstellung von Stärkefolie (siehe 6.2.1.1)**

Die Schüler erhalten mit diesem Versuch einen Einblick darüber, dass Biokunststoffe aus nachwachsenden Rohstoffen bestehen und können die Fehlvorstellung beheben, dass es nur Kunststoffe aus Mineralöl gibt.

- **Vergraben von Verpackungen aus Biokunststoffen (siehe 6.2.1.2)**

Mit diesem Versuch sollen die Schüler sehen, dass die Biokunststoffe nicht innerhalb von beispielsweise 30 Tagen zersetzt werden. Auch kann besprochen werden, was es bedeuten würde, wenn sie sich „selbst“ zersetzen. Würde dies der Fall sein, müssten sie theoretisch gesehen ab dem Zeitpunkt ihrer Produktion ihre Form verändern (z.B. Löcher bekommen, dünner oder kleiner werden, da sie sich eben von „selbst“ zersetzen) bzw. ohne Mikroorganismen mit der Zeit zu Wasser und Kohlenstoffdioxid reagieren.

- **Lösungsversuch von Biokunststoffen in Wasser (siehe 6.2.1.3)**

Mit diesem Versuch soll den Schülern gezeigt werden, dass sich Biokunststoffe in Wasser nicht auflösen und damit ihre Fehlvorstellung, dass dies passiert, bearbeitet werden.

- **Nachweis von CO₂ im Schutzgas für diverse Lebensmittel (siehe 6.2.1.4)**

Beim Nachweis von CO₂ soll auf die Schutzgase eingegangen werden und den Schülern bewusst gemacht werden, dass CO₂ dafür eingesetzt wird.

- **Verbrennen von Butan (siehe 6.2.1.5)**

- **Demonstration einer Explosion mit Campinggas (siehe 6.2.1.6)**

- Den Schülern soll mit diesen beiden Versuchen gezeigt werden, dass zum Beispiel Butan keinesfalls als Schutzgas eingesetzt werden kann. Man kann dabei vor allem darauf hinweisen, dass die Verpackungen explodieren bzw. verbrennen würden, wenn man sie in die Nähe von einer Heizquelle (z.B. Herd) legt.

- **Fernhalten des Sauerstoffs von sauerstoffempfindlichen Substanzen (siehe 6.2.1.7)**

- Auch bei diesem Versuch soll die Möglichkeit des Einsatzes von CO₂ als Schutzgas demonstriert werden und ihnen nähergebracht werden, dass Sauerstoff für die Oxidation von Lebensmittel und somit z.B. für das „Ranzigwerden“ verantwortlich ist.

6.2.1.1 Herstellen von Stärkefolie [35, S. 33]

Material

Erlenmeyerkolben, Heizplatte, Rührwerk, Rührknochen, glatte Klarsichtfolien, Messer

Chemikalien

6,8 g lösliche Stärke, 3,6 g Kartoffelmehl, 12 ml Glycerin, 100 ml Wasser, 1 Pkg. gemahlene Gelatine, Lebensmittelfarbe, evtl. Paraffinöl

Durchführung

Die Reagenzien (bis auf die Gelatine und Lebensmittelfarbe) durchmischt man im Erlenmeyerkolben gut. Es ist darauf zu achten, dass man sich bildende Klumpen sofort mit einem Löffel zerdrückt, da sie sich später nicht mehr entfernen lassen. Die Mischung wird für ca. 15 Minuten im Wasserbad (100°C) unter Rühren erhitzt, bis eine homogene, fast klare Substanz entsteht.

Danach bereitet man die Gelatine nach der Verpackungsvorschrift zu, rührt sie in die Mischung ein und erwärmt sie noch weitere 5 Minuten unter Rühren. Die Masse sollte nun dickflüssig und klebrig sein. Es kann noch eine Spatelspitze Lebensmittelfarbe zugegeben werden.

Die fertige Folienmasse wird unmittelbar auf die Klarsichtfolien gegossen und gleichmäßig verteilt (nicht zu dünn!). Anschließend stellt man die Folien zum Trocknen für 24 Stunden an einen ruhigen Ort.

Beim Ablösen zieht man am besten mit einem Messer einen Rand und löst die Folien vorsichtig, an einer Ecke beginnend, ab.

Beobachtung

Das Ergebnis zeigt eine Stärkefolie, wobei sehr wichtig ist, dass diese auf einer glatten Oberfläche aufgebracht wurde. Am besten sind Klarsichtfolien oder Folien zum Büchereinbinden geeignet.

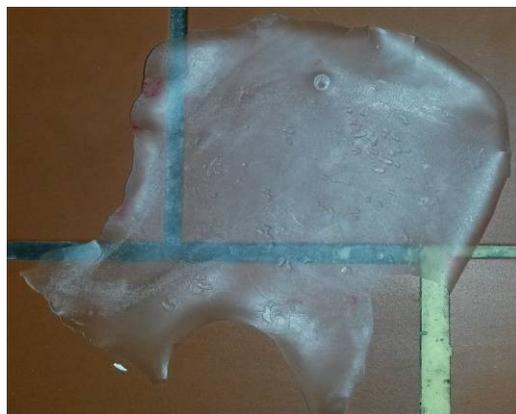


Abbildung 23: Fertige Folie

Theoretischer Hintergrund

Wird Stärke in Gegenwart von Wasser erhitzt, so quillt sie zunächst auf. Ab ca. 55°C brechen die Stärkekörner auf, wobei die Kornstruktur irreversibel zerstört wird (Verkleisterung). [36]

Da Stärkefolie an sich spröde ist, wird Glycerin als Weichmacher hinzugefügt, wobei sich dessen Moleküle zwischen die der Stärke schieben und somit verhindert wird, dass sich brüchige Stärkekristalle bilden. Außerdem sorgt das hygroskopische Glycerin dafür, dass die Stärkefolie immer feucht und geschmeidig bleibt. Durch die Zugabe von Gelatine werden die mechanischen Eigenschaften der Folie verbessert. [37]

Anmerkung

Aufwendig, daher nur für Doppelstunden geeignet. Die Schüler können sehen, dass es nicht nur „Plastikfolien“ gibt.

Sehr gut auch im Themengebiet der Kunststoffe bzw. der Kohlenwasserstoffverbindungen einsetzbar.

6.2.1.2 Vergraben von Verpackungen aus Biokunststoffen

Material

von den Schülern mitgebrachte Verpackungen aus Biokunststoffen; als Vergleich sollten beispielsweise auch Biomüllsäcke aus Papier oder Frischhaltesackerl aus PE-LD-Kunststoffen verwendet werden

Chemikalien

-

Durchführung und Beobachtung

Die Verpackungsmaterialien werden in der Erde oder einem Komposthaufen vergraben. Informationen zur Verpackung sollen in die folgende Tabelle eingetragen werden:

Name der Verpackung	besteht aus (falls bekannt):	Entsorgungshinweise	Zertifikat (z.B. biologisch abbaubar)
Gefrierbeutel	PE-LD	In Deponie grundwasserneutral; bei thermischer Verwertung verbrennen sie ungiftig zu Wasser und Kohlenstoffdioxid	-
Profissimo, dm	-	kompostierbar	Keimling (Marke von European Bioplastics)
Karottenverpackung, Spar	-		

Tabelle 19: Daten zu den vergrabenen Verpackungen

Beobachtung



Abbildung 24: Vor und nach 30 Tagen

Wie die Abbildung zeigt, fand während der 30 Tage keine Zersetzung der Verpackungen statt.

Theoretischer Hintergrund

Wie unter 4.2.2 beschrieben, zersetzen sich die Biokunststoffe oft nur unter vorgegebenen Bedingungen und nicht, wenn man sie „nur“ in der Erde vergräbt oder zum Kompost gibt.

6.2.1.3 Lösungsversuch von Biokunststoffen in Wasser

Material

Becherglas oder Marmeladeglas

Chemikalien

Biokunststoff, Wasser

Durchführung

Der Biokunststoff wird für ein paar Wochen in ein Becher- bzw. Marmeladeglas voller Wasser gegeben. Davor und danach wird das Gewicht des Kunststoffes gemessen.



Abbildung 25: Lösungsversuch eines Biokunststoffes in Wasser

Beobachtung

Auch nach 20 Tagen im Wasser sind am Müllsack keine Veränderungen im Vergleich zu vorher zu erkennen. Auch das Gewicht ist gleich geblieben.

Theoretischer Hintergrund

Wie die Beobachtung zeigt, findet kein Lösungsprozess beim Biomüllsack statt. Dies wird auch durch das gleichbleibende Gewicht gezeigt. Wie unter 4.2.2 beschrieben, sind Mikroorganismen für die Zersetzung erforderlich. Reines Wasser reicht daher nicht aus.

Anmerkung

Sehr gut auch im Themengebiet der Kunststoffe bzw. Kohlenwasserstoffverbindungen einsetzbar.

6.2.1.4 Nachweis von CO₂ im Schutzgas für diverse Lebensmittel

Material

60 ml Einmalspritze mit Kanüle, 3 ml Reagenzgläser (je nach Anzahl der Proben), Reagenzglasständer, unter Schutzgas verpackte Lebensmittel

Chemikalien

Ca(OH)₂-Lösung (am besten man stellt für den Laborbetrieb eine übersättigte Lösung her und dekantiert die erforderliche Menge bei Bedarf ab)

Durchführung

Mit der Spritze sticht man in die Verpackung und zieht das Gas damit auf. Weist man das Kohlenstoffdioxid in Getränken nach, so sticht man von außen in den Gasraum ein, um das Gas zu entnehmen. Anschließend wird das Gas in ein Reagenzglas mit ca. 0,5 ml Ca(OH)₂ eingeleitet. Dabei sind je nachdem bis zu 180 ml der Schutzgasprobe einzuleiten, damit Kohlenstoffdioxid nachgewiesen werden kann.

Beobachtung und Auswertung

Lebensmittel	Gasmenge [ml]	Weißer Niederschlag fällt aus
Snack Fun, Smiling Bear	180	nein
Snack Fun, Tortilla Chips	180	nein
Snack Fun, Twisted Sticks	180	ja
Mangostücke, Natur aktiv	120	ja
Korn-fit, Finest Bakery	180	ja
Schoko & Keks, Choco Bistro	240	nein
Mineralwasser, Vitaquelle	60	Bis zu 30 ml ja, danach wird die Lösung wieder klar
Gangluft	300	nein
Laborluft (Trockeneisbehälter im Raum)	180	ja

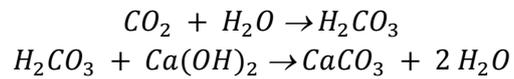
Tabelle 20: Nachweis von Schutzgas

Die Daten in der Tabelle zeigen, dass einerseits Kohlenstoffdioxid als Schutzgas verwendet wird, andererseits aber auch nicht. Am meisten wird in der Verpackung für Mangostücke verwendet, da dort die Reaktion am schnellsten einsetzte. Beim Mineralwasser kann das CO₂ am deutlichsten nachgewiesen werden, wobei aufgrund der unter „Theoretischer

Hintergrund“ erklären Reaktion das Kalkwasser wieder klar wird - CO_2 wird beim Mineralwasser jedoch nicht als Schutzgas eingesetzt, sondern es gehört zum Produkt dazu. Der positive CO_2 -Nachweis in der Laborluft ist auf den zufällig im Raum stehenden Trockeneisbehälter zurück zu führen.

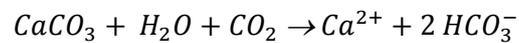
Theoretischer Hintergrund

Leitet man CO_2 in die Ca(OH)_2 -Lösung ein, erfolgt folgende Reaktion:



[38, S. 436]

Ist bereits CaCO_3 ausgefallen und wird weiterhin CO_2 in die Lösung eingeleitet, so wird das schwerlösliche CaCO_3 aufgrund folgender Reaktion in das lösliche Calciumhydrogencarbonat übergeführt:



[22, S. 532]

Anmerkung

Dieser Versuch lässt sich auch sehr gut einsetzen, wenn man sich mit den Eigenschaften von Kohlenstoffdioxid im Unterricht beschäftigt.

6.2.1.5 Verbrennen von Butan [39, S. 40; 40, S. 16–18]

Material

Variante 1

50 ml Spritze, Kanüle, Kerze

Variante 2

100 ml Becherglas, Reagenzglas, Glimmspan, Kunststoffschlauch

Chemikalien

Feuerzeuggas (Butan)

Durchführung

Variante 1 [39, S. 40]

Man entzündet die Kerze und füllt die Spritze mit dem Feuerzeuggas. Anschließend steckt man die Kanüle auf die Spritze, hält die Kanüle in die Flamme der Kerze, wobei ständig Gas aus der Spritze gedrückt wird, und fährt wieder aus der Flamme heraus, wobei weiterhin das Gas herausgedrückt werden soll.

Variante 2 [40, S. 16–18]

Der Kunststoffschlauch wird auf den Ausgang des Gasbehälters gesteckt und in das Reagenzglas, welches man in das Becherglas stellt, geführt. Danach leitet man das Butan durch Drücken des Gasausganges in das Reagenzglas ein, wobei es dort als Flüssigkeit aufgefangen wird. Man führt den Schlauch wieder heraus nachdem man in etwa 1 ml des Butans hat und fährt mit einem brennenden Glimmspan in das Reagenzglas.

Beobachtung

Variante 1

An der Kanülenspitze bleibt die Flamme erhalten.

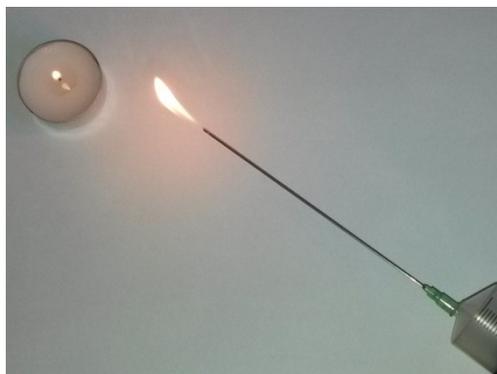


Abbildung 26: Nachweis der Brennbarkeit von Butan mit Spritze

Variante 2

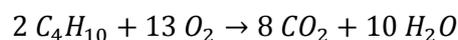
An der Reagenzglasöffnung verbrennt das Gas. Das Reagenzglas beginnt im Bereich des Flüssiggases außen zu vereisen (siehe Abbildung 27). Hält man es in diesem Bereich mit der Hand, so wird die Flamme größer.



Abbildung 27: Nachweis der Brennbarkeit von Butan mit dem Reagenzglas

Theoretischer Hintergrund

Reaktion bei Verbrennung an der Luft:



Das flüssige Butan verdampft im Reagenzglas, wodurch am Ausgang die Verbrennung erhalten werden kann. Die Energie, die für den Übergang der Moleküle des flüssigen Butans in den Gaszustand erforderlich ist, ist die Verdampfungswärme. [41, S. 437] Es handelt sich in unserem Fall um einen endothermen Prozess, bei welchem die Wärme aus der Umgebung in das System fließt. Das Reagenzglas fühlt sich in unserem Fall kalt an, weil die Wärme unserer Hand in das Reagenzglas fließt. [41, S. 171] Dass unsere Hand mehr Wärme in das System fließen lässt, als die Umgebung, zeigt sich, in dem die Flamme größer wird, wofür mehr an Butan verdampfen muss. Außerdem sieht man aufgrund der Vereisung am Reagenzglas, dass Wärme aus der Umgebung in das System fließt und das Reagenzglas dadurch außen stark abkühlt.

Anmerkung

Man kann diesen Versuch auch sehr gut beim Themengebiet Kohlenwasserstoffverbindungen (insbesondere bei den Alkanen) einsetzen.

6.2.1.6 Demonstration einer Explosion mit Campinggas [42, S. 37–38]

Material

190 g Pringlesdose, 5 - 7 ml Bohrer, Klebeband, 50 ml Spritze, zwei Korkstücke, Glimmspan

Chemikalien

Campinggas (Butan)

Durchführung

Es wird eine Pringlesdose verwendet, bei der der Deckel noch gut sitzt. Ca. 3 cm über dem Boden wird ein so großes Loch gebohrt, dass man gut mit einem brennenden Holzspan hineinkommt. Dieses verschließt man mit einem gut ablösbaren Klebeband. In die Dose kann man nun zwei Korkstücke geben. Anschließend füllt man die Spritze mit 40 ml des Gases und überführt dieses in die Dose, welche man danach verschließt und ein wenig schwenkt. Man führt den Versuch in einer Umgebung, bei der sich keine brennbaren und explosiven Stoffe befinden, durch. Dazu entzündet man den Glimmspan, sodass man eine schöne Flamme erhält, entfernt das Klebeband und führt den brennenden Glimmspan in das Loch.

Beobachtung

Der Deckel wird mit einem Knall von der Dose geschossen und es entsteht eine Stichflamme, wie in der folgenden Abbildung erkennbar ist.



Abbildung 28: Explosion mit Campinggas

Theoretischer Hintergrund

Das Gas-Luft-Gemisch wird durch den brennenden Span entzündet. Es erfolgt eine schlagartige Verbrennung, wodurch auch eine Stichflamme entsteht. Da der Verbrennungsraum abgeschlossen ist, wird der Deckel der Dose unmittelbar nach der Zündung herunterschleudert, da sich die Gase in Folge der Hitze ausdehnen. [42, S. 37–38]

Anmerkung

Die Korken führen beim Versuch zu einem zusätzlichen Geräuschpegel. Auch dieser Versuch kann sehr gut im Themengebiet der Kohlenwasserstoffverbindungen (insbesondere bei den Alkanen) eingesetzt werden.

6.2.1.7 Fernhalten des Sauerstoffs von sauerstoffempfindlichen Substanzen [28, S. 245–246; 43]

Material

100 ml Becherglas, Spatel, Pinzette, 2 0,5 l Marmeladegläser aus Weißglas mit Metall-Schraubdeckel, Küchenrolle, Schere

Chemikalien

Indigotin E132 (Lebensmittelfarbe), Natriumdithionit, CO₂-Gasspender (erhältlich unter <http://shop.vcoe.or.at/shop/de/index.html>), alternativ: Stickstoff



Abbildung 29: CO₂-Gasspender

Durchführung

Zu 50 ml destilliertem Wasser gibt man eine Spatelspitze der Lebensmittelfarbe, sodass die Lösung nicht zu intensiv blau wird, und anschließend eine Spatelspitze Natriumdithionit hinzu, sodass die Lösung gelb wird. Für eine Probe schneidet man sich ein längliches Stück von der Küchenrolle herunter und faltet es zusammen. Dieses taucht man mit der Pinzette in die Lösung. Wird nach dem Herausnehmen aus der Lösung das Stück sofort blau, so ist noch mehr an Natriumdithionit erforderlich. Die Blaufärbung sollte in etwa nach einer Minute auftreten.

Ist die Lösung fertig, so schneidet man zwei weitere Stücke von der Küchenrolle herunter und faltet sie. Man bereitet den CO₂-Gasspender vor und flutet eines der Marmeladegläser mit Kohlenstoffdioxid. Ein Stück der Küchenrolle wird in die Lösung getaucht und in das Marmeladeglas mit CO₂ überführt, welches nochmals mit diesem geflutet wird. Anschließend gibt man den Deckel drauf.

Das zweite Küchenrollenstück wird ebenfalls in die Lösung getaucht und in das zweite Marmeladeglas gegeben. Dieses lässt man geöffnet stehen.

Beobachtung

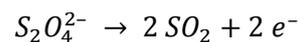
Die Blaufärbung tritt beim Marmeladeglas ohne einer mit CO₂ gefluteten Umgebung, wie in folgender Abbildung ersichtlich ist, wesentlich schneller auf.



Abbildung 30: Marmeladeglas ohne (links) und mit einer CO₂ gefluteten Umgebung (rechts)

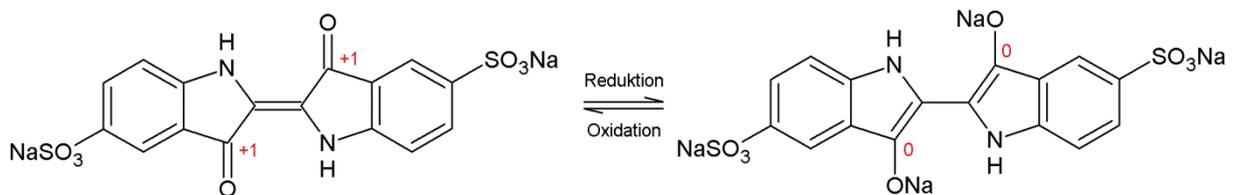
Theoretischer Hintergrund

Indigotin wird durch Natriumdithionit reduziert, wobei die stattfindende Oxidation der Dithionit-Ionen folgendermaßen angegeben werden kann:



[28, S. 245–246]

Die reduzierte Form (Leukoform) des Indigotins ist gelb, wird aber durch den Luftsauerstoff wieder oxidiert (blau). Die Reduktion von Indigotin erfolgt wie in folgender Reaktion dargestellt [43]:



Anmerkung

Dieser Versuch lässt sich auch sehr gut einsetzen, wenn man sich mit den Oxidationsvorgängen beschäftigt, und zeigen möchte, wie man Stoffe davor schützen kann. Somit kann ein guter Erkenntnisgewinn zum Alltag, wie beispielsweise zu den eingesetzten Schutzgasen in der Lebensmittelverpackung, hergestellt werden.

6.3 Frage 5, 7 und 9

Fehlvorstellungen bezüglich Veränderungen im Lebensmittel aufgrund unkontrollierter Vorgänge, Eigenschaften und Wechselwirkungen mit anderen Stoffen von Kunststoff-, Glas- oder Metallverpackungen und hauptsächlich die Wechselwirkung von Kohlenstoffdioxid mit Verpackungsmaterialien müssen bei diesen Fragen behandelt werden.

Um dabei auftretende Fehlvorstellungen aufzuarbeiten, sind einerseits Schüler-Lehrer-Gespräche möglich, und andererseits können Vorstellungen mit den unter 6.3.1 angeführten Versuchen besprochen und geklärt werden.

6.3.1 Versuche Unterrichtseinheiten

- **Bestimmung des Verpackungsanteils bei Kunststoff-, Glas- bzw. Metallverpackungen (siehe 6.3.1.1)**

Mit diesem Versuch soll den Schülern klar gemacht werden, wie sich der Verpackungsanteil im Vergleich zum Gesamtgewicht verhält, damit sie Fehlvorstellungen in diesem Bereich durch Tatsachen ersetzen können.

- **CO₂-Durchlässigkeit von PET- bzw. Glas-Flaschen und Metalldosen - Ermittlung der pH-Änderung durch Farbumschlag von Bromthymolblau (siehe 6.3.1.2)**

Die Fehlvorstellungen der CO₂-Durchlässigkeiten von Packmaterialien können mit diesem Versuch sehr gut bearbeitet werden.

- **Nachweis von Kohlenstoffdioxid (in den Wänden) von Getränkeflaschen mit Kalkwasser (siehe 6.3.1.3)**

Auch dieser Versuch dient der Aufhebung der Fehlvorstellungen der CO₂-Durchlässigkeiten bzw. -Aufnahme bei unterschiedlichen Packmitteln. Dabei kann auch sehr gut eine Verbindung zur Aromaaufnahme von Packmitteln hergestellt werden.

- **Permeation von Kohlenstoffdioxid und Sauerstoff durch einen Latexhandschuh (siehe 6.3.1.4)**

Dieses Experiment kann sehr gut herangezogen werden, um den Unterschied in der Durchlässigkeit von CO₂ und O₂ zu zeigen und Fehlvorstellungen bzgl. der Geschwindigkeit der Diffusion zu bearbeiten, aber auch um zu zeigen, dass sich somit die Schutzgasatmosphäre verändert.

- **Dufthandschuh (siehe 6.3.1.5)**

Diesen Versuch kann man heranziehen, um den Schülern die Permeabilität von Kunststoffen zu zeigen sowie auch darauf einzugehen, dass Aromastoffe von Packmaterialien aus Kunststoffen aufgenommen bzw. durchgelassen werden. Als Vergleich kann man auch eine leere Metalldose oder ein verschraubbares Joghurtglas verwenden.

- **Lichtdurchlässigkeit von gefärbtem und ungefärbtem Glas (siehe 6.4.1)**

Mit diesem Versuch kann sehr gut demonstriert werden, dass Licht die Oxidation verstärkt und beschleunigt, und damit die Fehlvorstellung, dass Licht dies nicht macht, behandelt werden.

6.3.1.1 Bestimmung des Verpackungsanteils bei Kunststoff-, Glas- bzw. Metallverpackungen

Material

„Coca-Cola“ in einer Kunststoff- und Glasflasche sowie einer Aluminiumdose

Chemikalien

-

Durchführung

Es wird das Gewicht der vollen Behältnisse ermittelt. Danach werden sie ausgeleert und das Gewicht der leeren Behältnisse gemessen. Anschließend wird das Verhältnis des Gewichts der Behältnisse zum Gesamtgewicht berechnet.

Beobachtung und Auswertung

Behältnis	Gewicht mit Flüssigkeit [g]	Gewicht ohne Flüssigkeit [g]	Verhältnis Gewicht ohne Flüssigkeit zu Gewicht mit Flüssigkeit
<i>Glasflasche</i>	653	311	0,476
<i>Kunststoffflasche</i>	547	24	0,044
<i>Aluminiumdose</i>	270	16	0,059

Tabelle 21: Nachweis von Schutzgas

Wie die Auswertung in der obigen Tabelle zeigt, weist die Glasflasche den größten Gewichtsanteil am Gesamtgewicht auf. Mit einem Verhältnis von 0,476 ist der Gewichtsanteil des Glases beinahe bei 50 % des Gesamtgewichtes. Kunststoff und Aluminium unterscheiden sich im Gegensatz dazu kaum.

Anmerkung

Dieser Versuch kann sehr gut bei der Behandlung der Eigenschaften von den jeweiligen Materialien eingesetzt werden, wodurch ein guter Alltagsbezug zu den Lebensmittelverpackungen geschaffen werden kann.

6.3.1.2 CO₂-Durchlässigkeit von PET- bzw. Glasflaschen und Metalldosen – Ermittlung der pH-Änderung durch Farbumschlag von Bromthymolblau [28, S. 255–257]

Material

2 l Vorratsbehälter mit aromadichtem Deckel (z.B. von Ikea aus der Serie KORKEN); Getränke nach Wahl (jedenfalls Behältnisse aus Kunststoff, Glas und Aluminium - alle mit Kohlensäure und einmal aus Kunststoff ohne Kohlensäure), 2 Erlenmeyerkolben (50 ml) mit Stopfen, 2 Pasteurpipetten, Glasstab

Chemikalien

Bromthymolblau-Lösung (wässrig-ethanolisch 1 : 1, w ≈ 3%), konz. Natriumcarbonat-Lösung ($c(\text{Na}_2\text{CO}_3) \approx 2,5 \text{ mol / L}$), destilliertes Wasser

Durchführung

Die Getränkeflaschen befreit man vom Etikett und von sämtlichen Klebstoffresten, spült sie gut ab und stellt sie in die Vorratsbehälter. In diese wird so viel destilliertes Wasser gegeben, dass die Flaschen bedeckt sind bzw. darin schwimmen.

Dabei sollten zwei Versuchsvarianten in Betracht gezogen werden. Bei einer sollen die Verschlüsse in der Flüssigkeit sein (Flasche/Dose evtl. verkehrt in den Behälter geben) und bei der anderen sollen sie frei bleiben. Diese Varianten müssen nicht zugleich durchgeführt werden, sondern können auch hintereinander erfolgen. Wichtig dabei ist jedoch stets eine neue Lösung herzustellen.

Grundsätzlich sollte entweder 1 l destilliertes Wasser bzw. 1,5 l destilliertes Wasser verwendet werden, damit man die folgende Tropfenanzahl gut variieren kann. Die Flaschen werden nochmals aus den Behältern genommen und die Versuchslösungen entsprechend der obigen Angabe hergestellt.

Nun werden pro Liter Wasser 10 Tropfen Bromthymolblau-Lösung sowie 2 Tropfen konzentrierte Natriumcarbonat-Lösung hinzugefügt und die Lösung mit einem Glasstab verrührt. Wichtig dabei ist, dass die Lösung gerade blau wird. Sollte sie noch nicht genügend blau sein, so sind in alle Behältnisse verhältnismäßig gleich viele weitere Tropfen Natriumcarbonat-Lösung hinzuzufügen, damit man dieselbe Ausgangslage erreicht.

Man stellt nun wieder alle Getränkeflaschen in die Behälter, verschließt sie und beobachtet, nach wie vielen Tagen ein Farbumschlag von blau nach grün bzw. nach gelb erfolgt.

Beobachtung und Auswertung

Die Verschlüsse sind in der Flüssigkeit:



Abbildung 31: Beobachtungszeitraum Kunststoff-, Glas- und Metallgefäß - Start und nach ca. 21 Stunden



Abbildung 32: Beobachtungszeitraum Kunststoff-, Glas- und Metallgefäß - nach ca. 4 bzw. 5 Tagen



Abbildung 33: Beobachtungszeitraum Kunststoffgefäß - Start, nach 4 bzw. 8 Stunden und nach 3 Tagen

Die Beobachtung zeigt, dass es bei den Kunststoffflaschen bereits innerhalb eines Tages zu einem Farbumschlag kommt, bei der Glasflasche dieser nach 4 Tagen erkennbar ist und bei der Metalldose die Blaufärbung innerhalb des Beobachtungszeitraumes erhalten bleibt.

Die Verschlüsse befinden sich außerhalb der Flüssigkeit:



**Abbildung 34: Beobachtungszeitraum Kunststoffflaschen - Start,
nach 8 Stunden und nach 1 bzw. 1,5 Tagen**



**Abbildung 35: Beobachtungszeitraum Glas-, Kunststoff- und Metallgefäß - Start, nach ca. 20, 28 und
33 Stunden sowie nach 3, 7 und 11 Tagen**

Auch wenn die Verschlüsse bei den Kunststoffflaschen außerhalb der Flüssigkeit sind, zeigt sich, dass bereits innerhalb eines Tages eine Gelbfärbung auftritt. Damit zeigt man auch, dass das Kohlenstoffdioxid tatsächlich durch die Wandungen permeiert und nicht nur durch den Verschluss. Bei der Glasflasche und der Dose ist die Blaufärbung auch nach 7 Tagen noch vorhanden. Nach 11 Tagen zeigt sich aber eindeutig, dass auch bei Glasflasche die Blaufärbung auf die gelbe Farbe umschlägt. Dies wird jedenfalls damit zu tun haben, dass das Kohlenstoffdioxid weiterhin aus dem Verschluss austritt. Da es aber nicht unmittelbar aus dem Behälter entweichen kann, diffundiert das Kohlenstoffdioxid in die Flüssigkeit und ruft somit den Farbumschlag hervor. Auch die Blaufärbung bei der Dose wurde weniger. Auch hier könnte grundsätzlich die Situation vorliegen, dass über die Walzungen Kohlenstoffdioxid austritt. Zum völligen Ausschließen der Einwirkungen des Austrittes von Kohlenstoffdioxid über die Verschlüsse bzw. Walzungen müssten Behälter konstruiert und

verwendet werden, bei welchen sich die Verschlüsse der Flaschen bzw. Dosen außerhalb der Behältnisse befinden und diese mit der Reagenzflüssigkeit gegenüber der Umgebung abgedichtet sind. Sinnvoll wäre jedenfalls auch ausschließlich einen Versuchsaufbau nur mit der Reagenzflüssigkeit und ohne Flüssigkeitsbehältnisse zu verwenden, um auch dies als Vergleich zu haben (weiteres dazu siehe Anmerkung).

Anmerkung

Zusätzlich kann man den Versuch auch mit einem stillen Wasser durchführen, um auszuschließen, dass es sich um eine Hydrolyse des Kunststoffes handelt, sowie mit sauren Getränken ohne Kohlenstoffdioxid, um zu zeigen, dass keine Diffusion von Phosphorsäure bzw. Oxonium-Ionen stattfindet. Findet der Versuch ohnehin nicht mit Coca Cola statt, sondern nur mit kohlenensäurehaltigem Mineral, erspart man sich den Ausschluss, dass es auch Moleküle der Phosphorsäure sein können, die nach außen diffundieren. Außerdem kann noch eine Vergleichsprobe, für die ausschließlich die Lösung verwendet wird, erfolgen, um systematische Fehler auszuschließen. Da die entsprechenden Versuche bereits von Bernd Landsgeßel in der Dissertation „Lebensmittelverpackungen als Thema des Chemieunterrichts“ durchgeführt wurden [28, S. 255–257], und auch die erhofften Ergebnisse brachten, wurden sie in dieser Arbeit nicht nochmals gezeigt. Glasflaschen, aber auch Dosen sind am Verschluss bzw. bei den Walzungen anscheinend im geringen Maße undicht, wodurch ein langsames Absinken des pH-Wertes stattfindet.

Anmerkung

Auch dieser Versuch kann sehr gut bei der Behandlung der Eigenschaften von den jeweiligen Materialien eingesetzt werden, wodurch ein guter Alltagsbezug zu den Lebensmittelverpackungen geschaffen werden kann.

6.3.1.3 Nachweis von Kohlenstoffdioxid (in den Wänden) von Getränkeflaschen mit Kalkwasser [28, S. 272–273]

Material

3 2 l Vorratsbehälter mit aromadichtem Deckel (z.B. von Ikea aus der Serie KORKEN);
2 Mineralwasserflaschen aus Kunststoff (Inhalt Mineralwasser mit Kohlensäure),
1 Wasserflasche aus Kunststoff (Inhalt stilles Wasser)

Chemikalien

gesättigte Calciumhydroxid-Lösung (am besten man stellt für den Laborbetrieb eine übersättigte Lösung her und dekantiert die erforderliche Menge bei Bedarf ab)

Durchführung

Die Getränkeflaschen müssen außen vollständig gesäubert werden. Danach stellt man eine original befüllte Mineralwasserflasche sowie die Mineralwasserflasche mit stillem Wasser in die Vorratsbehälter, füllt diese mit Kalkwasser, sodass im besten Fall die Flaschen gänzlich bedeckt sind, und verschließt die Behälter.

Die zweite Getränkeflasche mit Mineralwasser entleert man, füllt sie mit destilliertem Wasser, verschraubt sie und stellt sie in einen weiteren Behälter, den man mit Kalkwasser füllt, sodass wieder im besten Fall die ganze Flasche bedeckt ist, und verschließt auch diesen Behälter.

Beobachtung

Es wurden zwei Mineralwasserflaschen der Marke „Vitaquelle“ verwendet. Eine davon wurde entleert und mit destilliertem Wasser befüllt.



Abbildung 36: Versuchsaufbau zum Nachweis von Kohlenstoffdioxid mit Kalkwasser



Abbildung 37: Start und die erkennbare Kalkablagerung nach ca. einem Tag

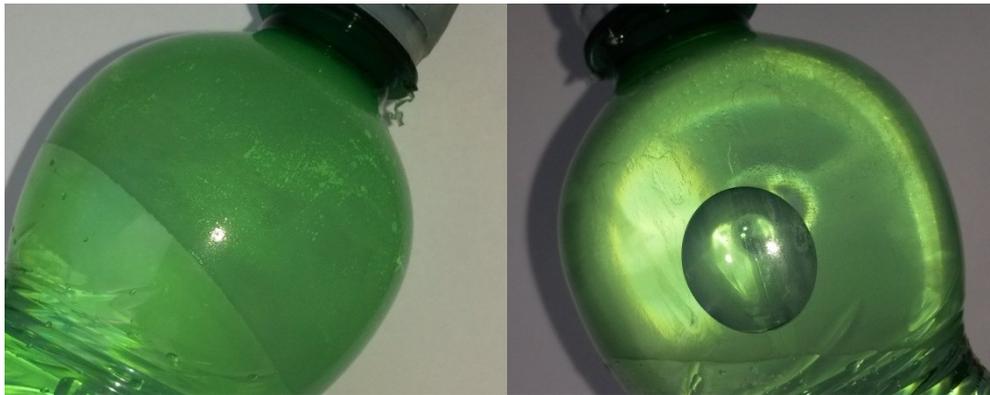
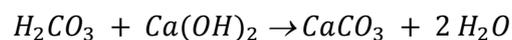
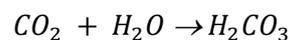


Abbildung 38: Kalkablagerung bei der original befüllten Flasche (links) und bei der Mineralwasserflasche, die mit destilliertem Wasser aufgefüllt wurde (rechts)

Das Versuchsergebnis zeigt, dass bereits nach einem Tag eine Kalkschicht auf der Außenseite der Flasche erkennbar ist. Bei der original befüllten Flasche entsteht eine wesentlich dickere Kalkschicht, als bei der mit destilliertem Wasser aufgefüllten Flasche. Beide Schichten können ohne weiteres mit dem Fingernagel von der Flasche entfernt werden.

Theoretischer Hintergrund

Bei der Ablagerung, die durch die Reaktion des Kalkwassers (Calciumhydroxid-Lösung) mit dem Kohlenstoffdioxid entsteht, handelt es sich um Kalk:



[38, S. 436]

Dass die Schicht bei der nicht original befüllten Flasche wesentlich dünner ist, hat damit zu tun, dass bei dieser nur das in der Verpackung gespeicherte Kohlenstoffdioxid vorhanden ist. Es permeiert hier kein weiteres Kohlenstoffdioxid aufgrund des destillierten Wassers aus der Flasche. Mit Hilfe dieses Versuchs kann gezeigt werden, dass Kohlenstoffdioxid in der Wand von PET-Flaschen gespeichert wird und dass dieses durch die Flasche austritt.

Vorzugsweise sollte dabei jedoch noch eine Flasche mit stillem Wasser verwendet werden, damit der tatsächliche Vergleich gegeben ist. Dies wurde ebenfalls bereits von Bernd Landsgesell in der Dissertation „Lebensmittelverpackungen als Thema des Chemieunterrichts“ durchgeführt [28, S. 255–257] und daher in dieser Arbeit nicht nochmals gezeigt.

Anmerkung

Dieser Versuch lässt sich auch sehr gut bei der Behandlung der Kunststoffpolymere einsetzen, wodurch die Eigenschaft der Durchlässigkeit gezeigt und somit der Alltagsbezug zu den Flaschenmaterialien geschaffen werden kann.

6.3.1.4 Permeation von Kohlenstoffdioxid und Luft durch einen Latexhandschuh [44]

Material

2 Latexhandschuhe

Chemikalien

Kohlenstoffdioxid aus einem CO₂-Gasspender (erhältlich unter <http://shop.vcoe.or.at/shop/de/index.html>)



Abbildung 39: CO₂-Gasspender

Durchführung

Ein Latexhandschuh wird mit Luft und der andere mit Kohlenstoffdioxid aufgeblasen. Dabei sollen beide Ballons in etwa dieselbe Größe haben. Es muss erkennbar sein, welcher der beiden Ballons mit welchem Gas gefüllt ist. Anschließend werden beide Ballons liegen gelassen.

Beobachtung

Wie die folgende Abbildung zeigt, erkennt man bereits nach einer halben Stunde, dass der mit Kohlenstoffdioxid gefüllte Handschuh kleiner geworden ist. Nach 5 Stunden ist bereits nahezu das ganze Kohlenstoffdioxid ausgetreten. Der mit Luft gefüllte Ballon ist auch nach ca. einer Woche noch gleich groß wie zu Beginn.



Abbildung 40: Latexhandschuh beim Start, nach einer 1/2 Stunden und nach 5 Stunden

Theoretischer Hintergrund

Das jeweilige Füllgas steht im aufgeblasenen Handschuh unter Druck. Dies ist eine Voraussetzung für die Permeation. Der mit Luft gefüllte Handschuh verliert während des Beobachtungszeitraums kaum an Volumen, was auf eine geringe Gaspermeation hindeutet. Nimmt man die Hülle des Handschuhs als Porenmembran an, so fällt die Deutung im Vergleich zum Handschuh, der mit Kohlenstoffdioxid gefüllt ist und wesentlich mehr an Volumen verliert, schwer, da Kohlenstoffdioxid im Vergleich zu Sauerstoff und Stickstoff einen größeren Molekülradius und eine geringere mittlere Teilchengeschwindigkeit hat. Das würde grundsätzlich bedeuten, dass Kohlenstoffdioxid langsamer nach außen dringen müsste. Dennoch schrumpft der Kohlenstoffdioxid-Handschuh wesentlich schneller, wodurch man die Beobachtungen nicht mit einem Porenmodell erklären kann. Eine weitere Annahme könnte nun sein, dass der sehr hohe Kohlenstoffdioxid-Konzentrationsgradient für die starke Permeation verantwortlich ist. Dies wird jedoch widerlegt, indem ein mit Kohlenstoffdioxid gefüllter Handschuh in einen Exsikkator gelegt, auch dieser mit Kohlenstoffdioxid gefüllt und dicht verschlossen wird, da auch in diesem Fall eine starke Volumenabnahme stattfindet. Erklärt kann dies nun damit werden, dass eine Permeabilität der Handschuhhülle für Kohlenstoffdioxid gegeben ist und ein höherer Gasdruck im Handschuh vorherrscht, welcher zu einem Druckgradienten und dadurch zur Durchwanderung des Kohlenstoffdioxids aus dem Handschuh führt. Das Versuchsergebnis kann nun mit dem Lösung-Diffusions-Modell erklärt werden. Kohlenstoffdioxid kondensiert wesentlich leichter als Luft bzw. Stickstoff und Sauerstoff. Weiters ist Kohlenstoffdioxid unpolar, obwohl es polare Bindungen besitzt, da sich die Dipolmomente aufgrund der Molekülsymmetrie aufheben. Dennoch können durch deformierende Molekülschwingungen temporäre Dipolmomente entstehen. Deshalb permeiert nun das Kohlenstoffdioxid durch das polare Handschuhmaterial leichter, als die vollkommen unpolaren Sauerstoff- und Stickstoffmoleküle. Schlussendlich hat das Kohlenstoffdioxid auch eine größere chemische Ähnlichkeit aufgrund der π -Elektronen mit dem Polyisopren des Handschuhs als Sauerstoff bzw. Stickstoff, sodass diese mit dem π -Elektronensystem des Polyisoprens wechselwirken können. [44, S. 13]

Anmerkung

Dieser Versuch lässt sich ebenfalls sehr gut bei der Behandlung der Kunststoffpolymere einsetzen, wodurch die Eigenschaft der Durchlässigkeit gezeigt und somit der Alltagsbezug zu den Verpackungsmaterialien geschaffen werden kann.

6.3.1.5 Dufthandschuh [45, S. 178]

Material

Latexhandschuh

Chemikalien

Vanillezucker, Backaroma, Parfüm, Rasierwasser

Durchführung

Der Handschuh wird mit einer der genannten Substanzen gefüllt und aufgeblasen. Unmittelbar danach und einige Zeit später soll am Handschuh gerochen werden.

Beobachtung

Der Handschuh riecht nach einiger Zeit nach der im Inneren befindlichen Substanz.

Theoretischer Hintergrund

Der Handschuh ist für Aromastoffe durchlässig, wodurch sie vom Inneren aufgrund der Wechselwirkungen zwischen den Molekülen der Aromastoffe und des Handschuhs nach außen wandern können.

Anmerkung

Der Versuch wurde auch mit ausgeleerten Kunststoffflaschen durchgeführt, in welche Parfüm bzw. Backaroma gegeben wurde. Jedoch konnte man auch nach ein paar Tagen an der Außenseite der geschlossenen Flasche nichts riechen.

Dieser Versuch lässt sich auch sehr gut bei der Behandlung der Kunststoffpolymere einsetzen, wodurch die Eigenschaft der Durchlässigkeit gezeigt und somit der Alltagsbezug zu den Verpackungsmaterialien geschaffen werden kann.

6.4 Frage 8

Bei der Frage zum chemischen Hintergrund, warum eine Lichtschutzverpackung verwendet wird, müssen Fehlvorstellungen behandelt werden, wie die Gärung von Lebensmitteln durch Licht, oder auch das Licht Moleküle zersetzt oder spaltet. Auch ist wesentlich, dass die Vorstellungen richtig gestellt werden, dass durch den Lichtschutz die Verpackung in der Sonne gekühlt bleibt, das Wachstum von Bakterien vermindert wird, Eiweiße ohne Schutz ausfallen würden oder auch dass das Licht das Produkt austrocknen würde.

Weiters muss über den besten Verpackungstoff diskutiert und Fehlvorstellungen, wie dass es sich dabei um Weiß- bzw. Braunglas handelt, bearbeitet werden. Dies kann man sehr gut mit Versuch 6.4.1 durchführen.

6.4.1 Lichtdurchlässigkeit von gefärbtem und ungefärbtem Glas [28, S. 284–285]

Material

3 Reagenzgläser, Reagenzglasständer, Waage, 2 ml Pipette, Kristallisierschale (Durchmesser 7 cm), 5 Rundfilter (Durchmesser 45 mm), Pinzette aus Kunststoff, 2 Weißglas-, 1 Braunglas- und 1 Grünglas-Flasche mit je einem Schraubverschluss (können auch Marmeladegläser sein), 1 Tetra Pak, Aluminiumfolie, Abzug, Stoppuhr

Chemikalien

Substanz A: Eisen(III)-chlorid Hexahydrat

Substanz B: Oxalsäure

Substanz C: Kaliumhexacyanoferrat(III) = „Rotes Blutlaugensalz“

Durchführung

Um eine der beiden Weißglasflaschen wird bis knapp unter das Gewinde eine Aluminiumfolie gewickelt. Aus den 3 Substanzen stellt man jeweils 5 %ige wässrige Lösungen her, wozu man je 0,1 g der Substanz abwiegt und 2 ml Wasser hinzufügt. In einem abgedunkelten Raum oder Abzug werden die Inhalte der 3 Reagenzgläser in einer Kristallisierschale zusammengegossen. Mit Hilfe der Pinzette taucht man die fünf Rundfilter nacheinander in das Lösungsgemisch ein und überführt sie in die Glasflaschen bzw. das Tetra Pak, welche anschließend verschlossen werden. Bei einer Glasflasche mit Hals positioniert man den Filter am besten in diesem, damit man ihn wieder schnell herausbekommt. Den Verschluss legt man dann verkehrt auf die Flasche. Danach werden die Behälter für eine Minute ins Sonnenlicht gestellt. Man entnimmt mit der Pinzette die Rundfilter aus den Verpackungen und prüft unmittelbar auf Farbveränderungen.

Anmerkung:

Das Gemisch in der Petrischale ist vor direktem Lichteinfall zu schützen, die Lichtquelle im Abzug soll ausgeschaltet werden und die Beleuchtung im Labor möglichst dunkel sein.

Beobachtung

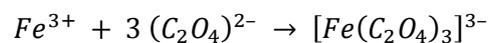
Der Rundfilter im Weißglas wird unmittelbar dunkelblau. Die Rundfilter im Weißglas mit Folie, im Grün- und Braunglas sowie im Tetra Pak verändern ihre Farbe in der ersten Minute nicht. Lässt man sie weitere 3 - 4 Minuten stehen, so wird auch der Filter im Grünglas blau. Bei den anderen tritt in diesem Zeitraum keine Blaufärbung ein.



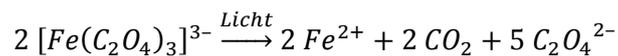
Abbildung 41: Nachweis der Lichtdurchlässigkeit von unterschiedlichen Verpackungsmaterialien

Theoretischer Hintergrund

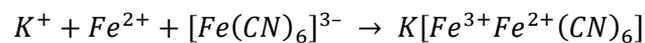
Die Reaktion von Eisen(III)-chlorid mit Oxalsäure führt zu einem gelblichen Eisenoxalatkomplex (Trioxalatoeisen(III)-Ion).



Wird dieser belichtet, so werden die Fe^{3+} -Ionen zu Fe^{2+} -Ionen reduziert, wobei der Kohlenstoff teilweise zu CO_2 oxidiert wird.



Die dabei entstehenden Fe^{2+} -Ionen reagieren weiters mit dem rotem Blutlaugensalz zum Berliner-Blau- Komplex.



[28, S. 284–285]

Mit diesem Versuch kann deutlich gezeigt werden, dass Braunglas, Aluminium und Tetra Pak die Lichtdurchlässigkeit stark herabsetzen. Auch durch das Grünglas wird sie herabgesetzt, jedoch wie der Versuch zeigt, nicht so stark als beispielsweise vom Braunglas. Die Lichtdurchlässigkeiten können teilweise auch der Abbildung 2 entnommen werden.

Anmerkung

Die Glasfärbung von Braunglas wird durch Fe^{3+} -Ionen hervorgerufen. [28, S. 284–285]
Dieser Versuch lässt sich im Unterricht sehr gut bei der Behandlung des Energiekonzeptes einsetzen, da man den Schülern damit Reaktionen mit Licht, bzw. dass Licht als Reaktionsauslöser dient, vermitteln kann. Man kann dabei auch eine Verbindungen zur Hautschädigung durch Licht herstellen und auf die Verwendung von Sonnenschutzmitteln hinweisen.

6.5 Frage 10

Obwohl sehr viele Befragte den schnelleren Verderb des Obstsalates angeben, muss dennoch die Vorstellung behandelt werden, dass der Apfel schneller verdirbt. Klargestellt muss auch die Reaktion des Sauerstoffes mit dem Apfel werden. Vor allem, dass der Apfel von diesem weder zerfressen wird, noch dass der Apfel den Sauerstoff aufnimmt. Eine weitere Annahme, dass sich aufgrund des Sauerstoffs die Mikroorganismen vermehren, was jedoch mit Hilfe von Zitronensaft verhindert werden kann, da dieser desinfizierend wirkt, sollte diskutiert werden. Schlussendlich kann auch der Unterschied zwischen dem Faulen oder Oxidieren des Apfels und dem „Ranzigwerden“ von Fett eine wesentliche Diskussionsbasis darstellen.

Um die Fehlvorstellungen aufzuheben, dass Äpfel schneller verderben, da im Obstsalat mehr Zucker ist, der den Prozess verlangsamt, oder weil die Äpfel weniger Prozent Wasser haben als der Obstsalat, aber auch weil Obstsalat weniger Kontakt zu Sauerstoff aufgrund der Flüssigkeit hat bzw. dieser mit Konservierungsstoffen versetzt ist, kann sehr gut Versuch 6.5.1 herangezogen werden.

6.5.1 Äpfel und Obstsalat

Material

3 Kristallisierschalen, Messer, 3 Äpfel

Chemikalien

Äpfel, Wasser, Zucker, Zitronensäure (ohne Ascorbinsäure!)

Durchführung

Zwei Äpfel werden in Stücke geschnitten und auf die drei Kristallisierschalen aufgeteilt. Die Kristallisierschalen werden mit Wasser aufgefüllt, sodass die Äpfel bedeckt sind, in eine Schale drei Teelöffel Zucker und in eine weitere drei Teelöffel Zitronensäure dazugegeben und verrührt. Die dritte Schale bleibt nur mit Wasser gefüllt. Zur Beobachtung wird ein Apfel zu den Schalen dazugelegt.

Beobachtung



Abbildung 42: Obstsalate und Apfel - Start (links mit Zucker, mittig mit Zitronensäure und rechts nur mit Wasser)



Abbildung 43: Obstsalate und Apfel - nach einem Tag



Abbildung 44: Obstsalate und Apfel - nach 5 Tagen

Wie die Abbildungen zeigen, tritt beim Obstsalat, welcher lediglich aus Äpfeln und Wasser besteht, bereits innerhalb eines Tages eine Braunfärbung auf. Nach 3 bis 4 Tagen beginnt dieser bereits übel zu riechen und zu schäumen und nach 4 Tagen ist bereits eine Schimmelbildung an der Oberfläche erkennbar.

Beim Obstsalat mit Zitronensäure wird der rote Apfel, wie die Abbildungen zeigen, entfärbt und es tritt in Summe eine Rosafärbung auf. Dieser Obstsalat beginnt in etwa nach 5 Tagen übel zu riechen und an der Oberfläche zu schimmeln.

Der Obstsalat mit Zucker riecht auch am 6. Tag noch nicht übel, es ist aber bereits ein Schimmel an der Oberfläche erkennbar.

Am ganzen Apfel ist keine Veränderung erkennbar.

Theoretischer Hintergrund

Wie unter 4.3.2 angeführt, verhilft die Zitronensäure, dass der Apfel nicht so rasch zu oxidieren beginnt. Daher tritt im Vergleich zum Obstsalat, der nur mit Wasser angerichtet wurde, auch keine Braunfärbung auf.

Außerdem gelingt es durch die Erniedrigung des pH-Wertes mit Hilfe der Zitronensäure, den Verderb des Obstsalates durch Mikroorganismen zu verlangsamen. [29, S. 99–100]

Auch eine konzentrierte Saccharoselösung vermag es, das Wachstum von Bakterien zu vermeiden. Schimmelpilze und Hefen können dennoch wachsen. [29, S. 301] Jedoch tritt, wie der Versuch zeigt, das Wachstum etwas später ein.

Anzumerken ist außerdem, dass der Versuch ungekühlt und offen durchgeführt wurde, wodurch die Oberfläche vor einem Wachstum der Schimmelpilze in keinsten Weise geschützt wurde.

6.6 Frage 15 und 16

Bei der Verbrennung von Papier und Kunststoffen gaben viele der Befragten keine Antwort. Wenige haben eine richtige Antwort gegeben und von denen, die eine gaben, sind viele der Meinung, dass ausschließlich CO_2 entsteht. Beim Kunststoff war noch vor der CO_2 -Entstehung die häufigste Antwort, dass toxische Substanzen die Produkte der Verbrennung sind. Bezüglich des Nutzens der Papier- und Kunststoffverbrennung soll den Schülern bewusst gemacht werden, dass Papier und Kunststoff tatsächlich Brennstoffe sind, welche beispielsweise für Fernheizwerke, zur Stromerzeugung und als Brennstoffzusatz für die Zementindustrie eingesetzt werden können. Außerdem ist zusätzlich zu eruieren, was Schüler für einen Nutzen in der Kohlenstoffdioxidgewinnung sehen, damit dies entsprechend diskutiert werden kann.

Bei diesem Thema ist Versuch 6.6.1, mit dem man die Substanzen nachweisen kann, von Bedeutung, damit den Schülern die Produkte bewusst werden. Bezüglich des Nutzens kann man die Schüler im Plenum dazu auffordern, dass sie sich darüber Gedanken machen und mit Hilfe der Tafel eine Begriffssammlung erfolgt (entweder die Schüler oder die Lehrkraft schreiben Begriffe auf die Tafel). Anschließend werden die Punkte besprochen bzw. nicht genannte Punkte zur Thematik von der Lehrkraft eingebracht.

6.6.1 Nachweis von Wasser und Kohlenstoffdioxid als Verbrennungsprodukte [46; 47]

Material

Standzylinder (niedrig), Stativstange, Klemme, Muffe, Fliese, Zange, Bunsenbrenner, PE-LD Streifen (z.B. von einem Müllsack), Papier, Handschuh

Chemikalien

Watesmopapier, gesättigte Calciumhydroxid-Lösung (am besten man stellt für den Laborbetrieb eine übersättigte Lösung her und dekantiert die erforderliche Menge bei Bedarf ab)

Durchführung

Der Standzylinder wird verkehrt in einer Klemme an der Stativstange befestigt. Darunter legt man eine Fliese, entzündet die zu untersuchenden Materialien (Kunststoff und Papier) und hält sie während der Verbrennung unter den Standzylinder. Die Entstehung des Wassers wird am Beschlag des Standzylinders mit dem Watesmopapier nachgewiesen. Anschließend wird nochmals das zu verbrennende Material unter den Zylinder gehalten. Nach einigen Sekunden wird dieser ausgespannt und umgedreht (Handschuh verwenden!), mit dem Kalkwasser befüllt und geschwenkt. Entweder verwendet man für das zweite Material einen frischen Standzylinder oder man muss den anderen entsprechend reinigen und trocknen.



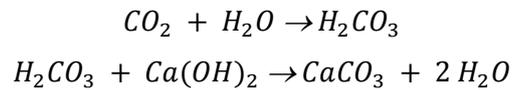
Abbildung 45: Versuchsaufbau

Beobachtung

Das Watesmopapier verfärbt sich sowohl beim Beschlag durch die Verbrennung von Papier als auch von Kunststoff blau. Das Kalkwasser wird bei beiden Verbrennungsvorgängen durch das Schütteln trüb.

Theoretischer Hintergrund

Leitet man CO_2 in die $\text{Ca}(\text{OH})_2$ -Lösung ein erfolgt folgende Reaktion:



[38, S. 436]

Das Watesmopapier ändert bei Berührung mit Wasser die Farbe von hell- nach tiefblau. Im trockenen Zustand reagiert es nicht mit der Luftfeuchtigkeit. Möchte man das Wasser in der dampfförmigen Phase nachweisen, so taucht man den Teststreifen in wasserfreien Isopropylalkohol und setzt ihn danach beispielsweise einem feuchten Luftstrom aus. [48]

6.7 Frage 17

Bei der Oxidation des Metalls an der Luft, bei welcher Zinn-Ionen entstehen können, ist es wichtig, dass den Schülern bewusst wird, wann dies der Fall sein kann. Viele gehen davon aus, dass dies unmittelbar nach dem Öffnen eintritt. Es ist Ihnen dabei nicht bewusst, dass vor allem, wenn entsprechende Beschichtungen gegeben sind, zuerst Beschädigungen auftreten müssen. Dazu kann Versuch 6.7.1 zur Behebung von Fehlvorstellung eingesetzt werden.

6.7.1 Nachweis der schützenden Wirkung von Dosenbeschichtungen [28, S. 171–172]

Material

Blehschere, 100 ml Becherglas, Messzylinder, Rührknochen, Magnetstab, Heizrührer, Petrischale (Durchmesser 9 cm) mit Deckel, Haushaltshandschuh

Chemikalien

Dosenblech mit (Zinn)beschichtung innen, mit Zinn überzogener Eisennagel, Agar-Agar, rotes Blutlaugensalz $K_3[Fe(CN)_6]$

Durchführung

Aus einer Konservendose schneidet man ein Stück von etwa 4 cm^2 aus und ritzt die Innenseite mit einem spitzen Gegenstand kräftig an. Im Becherglas werden 50 ml Wasser zum Sieden gebracht und unter Rühren fügt man 1 g Agar-Agar sowie eine Spatelspitze rotes Blutlaugensalz hinzu. Man legt einen Eisennagel mit Zinn-Überzug und das präparierte Blechstück, dessen angeritzte Seite nach oben zeigt, in die Petrischale und gießt die noch heiße Lösung darüber.

Beobachtung

Bereits nach dem Gießen der Lösung in die Petrischale ist eine Blaufärbung an den beschädigten Stellen erkennbar (siehe Abbildung 46), nach dem ersten Tag hat sich diese vor allem an den Schnittstellen, den eingeritzten Stellen (außer bei der linken Probe), und am verzinnnten Eisennagel intensiviert (siehe Abbildung 47). An den Schutzschichten selbst sind keine Blaufärbungen erkennbar. Nach drei Tagen (siehe Abbildung 48) ist die Ausprägung der Blaufärbung noch intensiver geworden. Am linken Blech zeigt sich diese jedoch weiters nur an den Schnittstellen. Hier wurde anscheinend zu wenig tief geritzt. Weiters zeigt sich, dass die Gelbfärbung, die durch die Zugabe des roten Blutlaugensalzes auftritt, im Laufe des Versuches zurückgeht.



Abbildung 46: Nachweis der schützenden Wirkung der Beschichtung von Dosen - Start

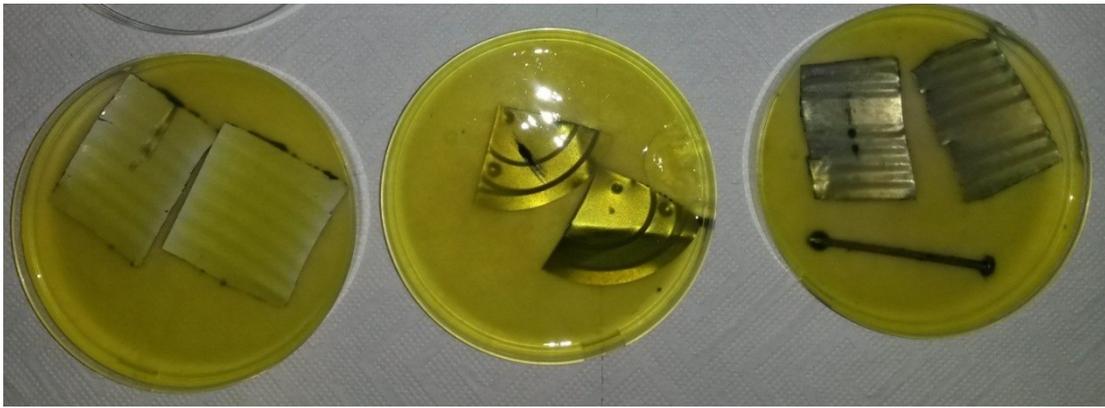


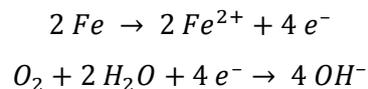
Abbildung 47: Nachweis der schützenden Wirkung der Beschichtung von Dosen - nach 1 Tag



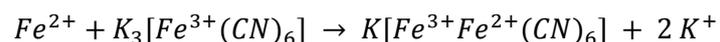
Abbildung 48: Nachweis der schützenden Wirkung der Beschichtung von Dosen - nach 3 Tag

Theoretischer Hintergrund

Fe/Fe^{2+} hat ein niedrigeres Redoxpotenzial als Sn/Sn^{2+} . Daher dient das Zinn als Schutz für das Eisen, da es „edler“ als Eisen ist. Es kann nicht als Opferanode dienen, wie es vergleichsweise beim Zink der Fall ist. Durch den Luftsauerstoff werden nun die Eisenatome an den beschädigten Stellen oxidiert und die abgegebenen Elektronen vom Sauerstoff aufgenommen:



Die dabei freiwerdenden Eisen(II)-Ionen reagieren mit dem roten Blutlaugensalz wie folgt:



Es entsteht „lösliches (kolloidales) Berliner Blau“. [28, S. 171–172]

Der Rückgang der Gelbfärbung ist auf die Reaktion des roten Blutlaugensalzes mit dem Eisen zurückzuführen.

Anmerkung

Dieser Versuch lässt sich sehr gut bei der Behandlung der Redoxreaktionen einsetzen, wodurch der Alltagsbezug zu den Dosenverpackungen geschaffen werden kann und somit die Hinweise auf den Dosenverpackungen, dass Lebensmittel rasch umgeleert werden sollen, besprochen werden können.

6.8 Frage 18

Die Antworten zeigen, dass für viele Befragte die Wechselwirkung zwischen polaren und unpolaren Materialien nicht klar ist, aber auch, dass Schüler nicht wissen, ob Wasser nun polar oder unpolar ist, obwohl sie oft schon am Ende ihrer Schullaufbahn sind und diese Thematik bereits behandelt haben. Daher muss das Thema der Polarität aufgegriffen und besprochen werden. Zusätzlich kann man den Schülern einfach durch das Zusammenführen von Wasser und Öl zeigen, dass polare und unpolare Substanzen keine Wechselwirkung eingehen.

7 Resümee

Abschließend sollen die Ergebnisse dieser Arbeit zusammengefasst und damit die anfangs formulierten Forschungsfragen beantwortet werden.

Bereits bei der Datenermittlung zeigte sich, dass sich die Methode einer „unbekannten“ Wissensabfrage mit Fragebögen auch sehr gut für den Unterricht eignen würde. Bei vielen Befragten wurde unmittelbar nach der Befragung Interesse bezüglich der richtigen Antworten geweckt, was die Wissensvermittlung jedenfalls auch in der Schule erleichtern könnte. Außerdem erhält man sofort einen Überblick über die vorhandenen Fehlvorstellungen, die anschließend in die Unterrichtsgestaltung mit einbezogen werden können.

Betrachtet man die Ergebnisse mit dem Lerninhalt, der den Schülern vermittelt wird, so zeigt sich, dass vieles rasch wieder vergessen wird bzw. Transferleistungen oft nicht gelingen. Im außerschulischen Bereich zeigten sich jedoch teilweise überraschende Ergebnisse, welche aber mit dem Alter und der Lebenserfahrung zu tun haben können. Bei den Aufgaben von Lebensmittelverpackungen sticht beispielsweise hervor, dass die Informationsangabe und die Lager- und Transportfähigkeit in den jeweiligen Befragungsgruppen hauptsächlich von außerschulisch Befragten genannt werden. Dies könnte darauf hinweisen, dass sich diese aufgrund ihrer Erfahrung, schon wesentlich öfter und bewusster mit den genannten Aufgaben auseinandersetzen haben müssen. Selbiges gilt für ausgediente Lebensmittelverpackungen. Auch hier sind es hauptsächlich außerschulisch Befragte, welche das Verbrennen angaben. Aber auch die Schüler der HTL stechen hier hervor. Vor allem ab der 3. Klasse nannten es über 30 bzw. 50 % der Schüler. Dies dürfte auf den Unterricht in der HTL zurückzuführen sein, da die Schüler in der HTL wesentlich häufiger in ihrem Unterrichtsgeschehen mit technischen Anwendungen konfrontiert werden als beispielsweise die Gymnasiasten, bei denen die Verbrennung nur in einer 8. Klasse genannt wurde. Selbiges zeigt sich bei den Verpackungsmaterialien, bei welchen nahezu immer die außerschulisch Befragten am häufigsten die jeweiligen Materialien nannten. Nur bei spezifischen Kunststoffen, wie PE, PVC, PTFE und PP, gaben vor allem die Schüler des Gymnasiums, aber auch jene der HTL häufiger die entsprechenden Antworten. Dies dürfte mit der unmittelbaren Behandlung der Kunststoffe im Unterricht zu tun haben.

Bei den Schutzgasen treten doch wesentliche Unterschiede zwischen den Befragungsgruppen der HTL und des Gymnasiums auf. Auch hier dürfte der technische Bezug in der HTL ein Grund dafür sein, dass diese verhältnismäßig wesentlich häufiger Kohlenstoffdioxid als Schutzgas nannten, als die Schüler des Gymnasiums, welche interessanterweise jene sind, die mit über 30 % Sauerstoff als Schutzgas angaben, obwohl sehr wohl bekannt sein sollte, dass der Sauerstoff zu Oxidationen führt. Dass

Transferleistungen oft nicht gelingen, sieht man daran, dass auch Methan, Chlor und Butan als Schutzgase genannt wurden. Diese nannten jedoch nicht nur Schüler unterer Jahrgänge, sondern auch jene, die bereits in den Abschlussklassen sind. Obwohl hier entsprechende Reaktionen der genannten Gase bereits besprochen worden sein sollten, gelingt es den Schülern nicht, beispielsweise die Brennbarkeit von Gasen als Ausschlusskriterium für ein Schutzgas zu betrachten.

Veränderungen aufgrund unkontrollierter Vorgänge werden im Vergleich zwischen den außerschulisch Befragten, dem Gymnasium und der HTL nahezu ausschließlich häufiger von den außerschulisch Befragten richtig zugeordnet.

Die Interpretation der Grafik bzgl. der am besten geeigneten Verpackungen wird vor allem von außerschulisch Befragten und von Schülern der höheren Schulstufen richtig durchgeführt. Dennoch gibt es auch in diesen Befragungsgruppen Personen, die nichts damit anfangen können bzw. eine falsche Interpretation daraus ziehen, obwohl das Arbeiten mit Funktionen und Grafiken bereits in der Unterstufe bzw. ab der 5. Klasse Gymnasium und der 1. Klasse HTL erfolgt.

Obwohl beim Schutzgas Sauerstoff häufiger in den Gymnasien genannt wurde, zeigt die Wechselwirkung des Obstsalates mit Sauerstoff, dass es die Gymnasiasten sind, die diese verhältnismäßig häufiger angaben, als die Schüler der HTL. Generell sind es aber auch hier die außerschulisch Befragten, die diese Wechselwirkungen am häufigsten nannten.

Dass eine kühle Aufbewahrung die Aktivität der Mikroorganismen beeinflusst, wird wieder von außerschulisch Befragten verhältnismäßig am häufigsten genannt, wobei auch die 8. Klassen des Gymnasiums hervorstechen, in der HTL hingegen aber kein Unterschied in der Altersstruktur zu erkennen ist.

Warum Fette ranzig werden, wurde generell nicht sehr oft beantwortet, wobei hier wiederum die Wechselwirkung mit Sauerstoff nur in einer 7. Klasse des Gymnasiums genannt wurde, außerschulisch jedenfalls öfters und auch nahezu in jeder HTL Klasse. Und auch bei der Verhinderung des „Ranzigwerdens“ setzen sich die außerschulisch Befragten mit richtigen Antworten wesentlich von den Schülern ab.

Bei der Verwendung von Vakuumverpackungen zeigt sich kein wesentlicher Unterschied, wobei der Schutz vor Sauerstoff in Summe mit 52 % am häufigsten genannt wird. Hingegen wird dies bei der Schutzgasatmosphäre in Summe nur von 17 % genannt, wobei bei dieser Frage die HTL Schüler mit insgesamt über 20 % am häufigsten die entsprechende Antwort gaben.

Bei der Verbrennung von Papier zeigt sich auch, dass einerseits überhaupt sehr wenige eine Antwort wissen und andererseits, dass im Falle von Antworten vor allem HTL-Schüler richtige gaben. Im Gymnasium wurden Kohlenstoffdioxid und Wasser als Verbrennungsprodukte von Papier beispielsweise nur von einer 8. Klasse Gymnasium

genannt. Außerschulisch kam die Kombination gar nicht vor. Bei der Kunststoffverbrennung zeigt sich ein ähnliches Bild. Und beim Nutzen sind es bei der Antwort des Heizens und der Stromgewinnung ebenfalls die HTL-Schüler die häufiger entsprechende Antworten gaben, wobei es bei der Gewinnung von Energie/Wärme die außerschulisch Befragten sind. Auch hier dürften es technische Grundlagen sein, die HTL-Schülern einen Vorteil einbringen bzw. die Erfahrung der außerschulisch Befragten.

Die Auswertung über die mögliche Korrosion von Dosen nach dem Öffnen zeigt, dass die Korrosion als Ursache für das Umleeren generell sehr wenigen Befragten bekannt ist. Vor allem in den Schulen könnte dies jedoch im Zuge der Vermittlung von Oxidation und Reduktion sehr gut den Schülern näher gebracht werden.

Schlussendlich zeigt auch die Auswertung über die polaren Wasserdampfmoleküle sehr überraschende Ergebnisse. Einerseits sind die Schüler den außerschulisch Befragten keineswegs voraus und andererseits gaben nur in drei Befragungsgruppen mehr Personen an, dass die polaren Wasserdampfmoleküle mit polaren Kunststoffen wechselwirken und nicht, dass sie mit unpolaren Kunststoffen wechselwirken. 50 % und mehr meinen ohnehin nur in den beiden 4. Klassen der HTL, dass Wasserdampf eher durch polare Verpackungsmaterialien durchdringen kann. Bei dieser Frage zeigt sich eindeutig, dass nahezu keine Transferleistung von den gelehrteten Inhalten zum Thema der Polarität gelingt.

Überraschend zeigt sich, dass es vor allem außerschulisch Befragte sind, die oft richtige Antworten gaben. HTL-Schüler schneiden vor allem bei den Fragestellungen, die sich auch mit Hilfe eines technischen Grundverständnisses beantworten lassen, besser ab als die Gymnasiasten. Dennoch sind es in Summe nur wenige Schüler, bei denen Fehlvorstellungen tatsächlich durch vermitteltes Wissen ersetzt wurden. So werden oft auch in höheren Schulstufen von Schülern Fehlvorstellungen genannt, die aufgrund des Lehrplans bereits durch wissenschaftliches Wissen ersetzt sein müssten.

Um die Fehlvorstellungen entsprechend zu bearbeiten, Wissen aufzubauen und Erkenntnisse zu gewinnen, wurde ein Unterrichtskonzept erstellt, welches den Schülern ermöglichen soll, sich ausführlich mit einem Teil der Fragestellungen aber auch mit den Fehlvorstellungen auseinanderzusetzen. Außerdem wurden zu allen Fragen Versuche ermittelt und gegebenenfalls adaptiert, welche den Schülern eine Möglichkeit geben sollen, anhand der Versuchserfahrung Wissen aufzubauen und Fehlvorstellungen durch wissenschaftliches Wissen zu ersetzen. Die angeführten Versuche geben auch die Möglichkeit, die Thematik der Lebensmittelverpackungen in unterschiedliche Themenbereiche der Chemie mit einzubauen. Wesentlich ist jedoch, dass Themen auch im

Laufe des weiteren Unterrichtsgeschehens wiederholt werden, damit Wissen verankert werden kann und somit Fehlvorstellungen gänzlich verschwinden können.

8 Literaturverzeichnis

- [1] BIFIE: <https://www.bifie.at/node/49> (letzter Zugriff 15.03.2016).
- [2] BIFIE: https://www.bifie.at/system/files/dl/bist_nawi_kompetenzmodell-8_2011-10-21.pdf (letzter Zugriff 15.03.2016).
- [3] F.E. Weinert (Hrsg.): Leistungsmessungen in Schulen, 2. Auflage, Beltz, Weinheim, 2002.
- [4] H.-D. Barke, G. Harsch, A. Marohn, S. Krees: Chemiedidaktik kompakt, Lernprozesse in Theorie und Praxis, 2. Auflage, Springer Spektrum, Berlin, 2015.
- [5] AWV Weiz: http://www.awv.steiermark.at/cms/dokumente/12402177_40920246/17645f3f/newsletter_04_2015.pdf (letzter Zugriff 17.03.2015).
- [6] N. Buchner: Verpackung von Lebensmitteln, Lebensmitteltechnologische, verpackungstechnische und mikrobiologische Grundlagen, Springer, Berlin, Heidelberg, 1999.
- [7] Wirtschaftskammer Österreich: <https://www.wko.at/Content.Node/branchen/oe/Nahrungs--und-Genussmittelindustrie--Lebensmittelindustrie-/Kennzeichnung.html#Kennzeichnung6> (letzter Zugriff 17.03.2016).
- [8] Statista: <http://de.statista.com/statistik/daten/studie/173742/umfrage/weltweiter-verpackungsmarkt-nach-verpackungsmitteln-seit-2003/> (letzter Zugriff 17.03.2016).
- [9] propak Austria: <http://www.propak.at/verpackung/propak-verpackungssektor> (letzter Zugriff 17.03.2016).
- [10] ARA AG: Leistungsreport 2014, Wien, 2015.
- [11] C. Bonten: Biokunststoffe - Sinn oder Unsinn?, In: C. Holzer (Hrsg.), 21. Leobener Kunststoff-Kolloquium, Lehrstuhl für Verarbeitung von Verbundwerkstoffen, Dep. Kunststofftechnik, Montanuniversität, Leoben, S. 83–86.
- [12] L. Strimitzer, M. Höher: Biokunststoffe in Österreich, Ein Beitrag zur Ressourcenschonung und zum Klimaschutz, Wien, 2015.
- [13] European Bioplastics e.V.: http://docs.european-bioplastics.org/2016/publications/pp/EUBP_pp_home_composting.pdf (letzter Zugriff 18.03.2016).
- [14] W. Beier: Biologisch abbaubare Kunststoffe, Dessau-Roßlau, 2009.
- [15] Alnatura Produktions- und Handels GmbH: <http://www.alnatura.de/de-de/panorama/faq/verpackung/1-biokunststoff> (letzter Zugriff 19.03.2016).
- [16] Umweltbundesamt: Biokunststoffe nicht besser, Verpackungen aus bioabbaubaren Kunststoffen sind denen aus herkömmlichen Kunststoffen nicht überlegen, Dessau-Roßlau, 2012.

- [17] W. Frede: Handbuch für Lebensmittelchemiker, Lebensmittel, Bedarfsgegenstände, Kosmetika, Futtermittel, 3. Auflage, Springer, Dordrecht, 2010.
- [18] H.-D. Belitz, W. Grosch, P. Schieberle: Lehrbuch der Lebensmittelchemie, 6. Auflage, Springer, Berlin, Heidelberg, 2008.
- [19] Kommission der EG: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=celex:32006R1881> (letzter Zugriff 23.03.2016).
- [20] P. Eyerer, P. Elsner, T. Hirth: Polymer Engineering, Technologien und Praxis, Springer, Berlin, Heidelberg, 2008.
- [21] J. Warnatz, U. Maas, R.W. Dibble: Verbrennung, Physikalisch-Chemische Grundlagen, Modellierung und Simulation, Experimente, Schadstoffentstehung, 3. Auflage, Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, 2001.
- [22] E. Riedel, C. Janiak: Anorganische Chemie, 8. Auflage, de Gruyter, Berlin, 2011.
- [23] O. Lueger (Hrsg.): Lexikon der gesamten Technik und ihrer Hilfswissenschaften, Deutsche Verlags-Anstalt, Stuttgart, Leipzig, 1904.
- [24] Gesellschaft Energietechnik: Thermische Biomassenutzung, Technik und Realisierung ; Tagung Salzburg, 23. und 24. April 1997, VDI-Verl., Düsseldorf, 1997.
- [25] H. Domininghaus, P. Elsner, P. Eyerer, T. Hirth (Hrsg.): Kunststoffe, Eigenschaften und Anwendungen; mit 275 Tabellen, 8. Auflage, Springer, Heidelberg u.a, 2012.
- [26] R. Pastusiak: Charakterisierung von Zellstoffkomponenten. Dissertation, München, 2003.
- [27] AVA Abfallverwertung Augsburg GmbH: <http://www.ava-augsburg.de/energie/strom-aus-abfall/> (letzter Zugriff 23.03.2016).
- [28] B. Landsgeßel: Lebensmittelverpackungen als Thema des Chemieunterrichts. Dissertation, Frankfurt am Main, 2010.
- [29] R. Heiss, K. Eichner: Haltbarmachen von Lebensmitteln, Chemische, physikalische und mikrobiologische Grundlagen der Qualitätserhaltung, 4. Auflage, Springer, Berlin, 2002.
- [30] D. Wiechoczek: http://www.chemieunterricht.de/dc2/citrone/c_t10.htm (letzter Zugriff 28.03.2016).
- [31] Lebensmitteluntersuchungsanstalt Klagenfurt: Verpacken von Fleischwaren. E-Mail, Klagenfurt, 2016.
- [32] E. Lück, M. Jäger: Chemische Lebensmittelkonservierung, Stoffe, Wirkungen, Methoden, 3. Auflage, Springer, Berlin, 1995.
- [33] Bildungsministerium für Bildung und Frauen: https://www.bmbf.gv.at/schulen/unterricht/lp/lp_neu_ahs_09_11861.pdf?4dzgm2 (letzter Zugriff 06.04.2016).
- [34] Nationalrat Österreich: Allgemeines Bildungsziel, schulautonome Lehrplanbestimmungen, Didaktische Grundsätze, Bildungs- und Lehraufgabe sowie

- Lehrstoff Der gemeinsamen Unterrichtsgegenständen an den höheren technischen und gewerblichen (einschließlich kunstgewerblichen) Lehranstalten, Anlage 1, 2015.
- [35] M. Mittelbach, C. Reidlinger: Organisch-chemische Schulversuche Laborübungen, Graz, 2015.
- [36] P. Wich: <http://www.experimentalchemie.de/versuch-025.htm> (letzter Zugriff 13.04.2016).
- [37] R. Blume: http://www.chemieunterricht.de/dc2/nachwroh/nrt_01.htm (letzter Zugriff 13.04.2016).
- [38] P. Gröbl, H. Weigler, S. Karl: Beton: Arten, Herstellung und Eigenschaften, Wiley, 2002.
- [39] V. Obendrauf: Versuchsbeschreibungen zu den Laborübungen Anorganisch-Chemische Schulversuche, Zeitsparende Schulchemie mit kleinen Mengen, Graz, 2010.
- [40] V. Obendrauf: Vom Einweg-BIC(c) zum Jet Flame Lighter, Historische und chemiedidaktische Aspekte zum Thema Feuerzeug (Teil II), In: J. Kriegseisen (Hrsg.), CHEMIE & Schule, Verband der Chemielehrer Österreichs, Seeham/Salzburg, 2003, S. 10–23.
- [41] T.L. Brown, H.E. LeMay, B.E. Bursten: Chemie, Studieren kompakt, 10. Auflage, Pearson, München, 2011.
- [42] C. Collin, A. Flint: Chemie fürs Leben. am Beispiel von Einweggeschirr, Kohlendioxid und Fleckenwasser, Rostock, 2008.
- [43] W. Wagner: http://daten.didaktikchemie.uni-bayreuth.de/experimente/effekt/video_herbstblatth.htm (letzter Zugriff 17.05.2016).
- [44] A. Lühken, M. Pohland: Chemie am Luftballon, Experimente und Modelle zur Gaspermeation, In: J. Friedrich, M. Oetken (Hrsg.), Praxis der Naturwissenschaften: Chemie in der Schule, 62. Jahrgang, Aulis Verlag, Hallbergmoos, 2013, S. 10–15.
- [45] J. Hecker, A. Weigend: Experimente, Den Naturwissenschaften auf der Spur ; [mit 10 neuen Experimenten], Carlsen, Hamburg, 2012.
- [46] Lehrerinnen Fortbildungs Server: https://lehrerfortbildung-bw.de/faecher/chemie/gym/fb2/modul4/2_prak/ab/nachweis/ (letzter Zugriff 07.04.2016).
- [47] G. Lange: www.chemie1.uni-rostock.de/didaktik/pdf/Kohlenstoffdioxid.pdf (letzter Zugriff 07.04.2016).
- [48] Macherey-Nagel GmbH & Co. KG: <ftp://ftp.mn-net.com/deutsch/Beipackzettel/Testpapiere/90609de.pdf> (letzter Zugriff 28.04.2016).

9 Literaturverzeichnis in alphabetischer Reihenfolge

- Alnatura Produktions- und Handels GmbH: <http://www.alnatura.de/de-de/panorama/faq/verpackung/1-biokunststoff> (letzter Zugriff 19.03.2016).
- ARA AG: Leistungsreport 2014, Wien, 2015.
- AVA Abfallverwertung Augsburg GmbH: <http://www.ava-augsburg.de/energie/strom-aus-abfall/> (letzter Zugriff 23.03.2016).
- AWV Weiz:
http://www.awv.steiermark.at/cms/dokumente/12402177_40920246/17645f3f/newsletter_04_2015.pdf (letzter Zugriff 17.03.2015).
- H.-D. Barke, G. Harsch, A. Marohn, S. Krees: Chemiedidaktik kompakt, Lernprozesse in Theorie und Praxis, 2. Auflage, Springer Spektrum, Berlin, 2015.
- W. Beier: Biologisch abbaubare Kunststoffe, Dessau-Roßlau, 2009.
- H.-D. Belitz, W. Grosch, P. Schieberle: Lehrbuch der Lebensmittelchemie, 6. Auflage, Springer, Berlin, Heidelberg, 2008.
- BIFIE: <https://www.bifie.at/node/49> (letzter Zugriff 15.03.2016).
- BIFIE: https://www.bifie.at/system/files/dl/bist_nawi_kompetenzmodell-8_2011-10-21.pdf (letzter Zugriff 15.03.2016).
- Bildungsministerium für Bildung und Frauen:
https://www.bmbf.gv.at/schulen/unterricht/lp/lp_neu_ahs_09_11861.pdf?4dzgm2 (letzter Zugriff 06.04.2016).
- R. Blume: http://www.chemieunterricht.de/dc2/nachwroh/nrt_01.htm (letzter Zugriff 13.04.2016).
- C. Bonten: Biokunststoffe - Sinn oder Unsinn?, In: C. Holzer (Hrsg.), 21. Leobener Kunststoff-Kolloquium, Lehrstuhl für Verarbeitung von Verbundwerkstoffen, Dep. Kunststofftechnik, Montanuniversität, Leoben, S. 83–86.
- T.L. Brown, H.E. LeMay, B.E. Bursten: Chemie, Studieren kompakt, 10. Auflage, Pearson, München, 2011.
- N. Buchner: Verpackung von Lebensmitteln, Lebensmitteltechnologische, verpackungstechnische und mikrobiologische Grundlagen, Springer, Berlin, Heidelberg, 1999.
- C. Collin, A. Flint: Chemie fürs Leben. am Beispiel von Einweggeschirr, Kohlendioxid und Fleckenwasser, Rostock, 2008.
- H. Domininghaus, P. Elsner, P. Eyerer, T. Hirth (Hrsg.): Kunststoffe, Eigenschaften und Anwendungen; mit 275 Tabellen, 8. Auflage, Springer, Heidelberg u.a, 2012.
- European Bioplastics e.V.: http://docs.european-bioplastics.org/2016/publications/pp/EUBP_pp_home_composting.pdf (letzter Zugriff 18.03.2016).

- P. Eyerer, P. Elsner, T. Hirth: Polymer Engineering, Technologien und Praxis, Springer, Berlin, Heidelberg, 2008.
- W. Frede: Handbuch für Lebensmittelchemiker, Lebensmittel, Bedarfsgegenstände, Kosmetika, Futtermittel, 3. Auflage, Springer, Dordrecht, 2010.
- Gesellschaft Energietechnik: Thermische Biomassenutzung, Technik und Realisierung ; Tagung Salzburg, 23. und 24. April 1997, VDI-Verl., Düsseldorf, 1997.
- P. Grübl, H. Weigler, S. Karl: Beton: Arten, Herstellung und Eigenschaften, Wiley, 2002.
- J. Hecker, A. Weigend: Experimente, Den Naturwissenschaften auf der Spur ; [mit 10 neuen Experimenten], Carlsen, Hamburg, 2012.
- R. Heiss, K. Eichner: Haltbarmachen von Lebensmitteln, Chemische, physikalische und mikrobiologische Grundlagen der Qualitätserhaltung, 4. Auflage, Springer, Berlin, 2002.
- Kommission der EG: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=celex:32006R1881> (letzter Zugriff 23.03.2016).
- B. Landsgeßel: Lebensmittelverpackungen als Thema des Chemieunterrichts, Frankfurt am Main, 2010.
- G. Lange: www.chemie1.uni-rostock.de/didaktik/pdf/Kohlenstoffdioxid.pdf (letzter Zugriff 07.04.2016).
- Lebensmitteluntersuchungsanstalt Klagenfurt: Verpacken von Fleischwaren. E-Mail, Klagenfurt, 2016.
- Lehrerinnen Fortbildungs Server: https://lehrerfortbildung-bw.de/faecher/chemie/gym/fb2/modul4/2_prak/ab/nachweis/ (letzter Zugriff 07.04.2016).
- E. Lück, M. Jäger: Chemische Lebensmittelkonservierung, Stoffe, Wirkungen, Methoden, 3. Auflage, Springer, Berlin, 1995.
- O. Lueger (Hrsg.): Lexikon der gesamten Technik und ihrer Hilfswissenschaften, Deutsche Verlags-Anstalt, Stuttgart, Leipzig, 1904.
- A. Lühken, M. Pohland: Chemie am Luftballon, Experimente und Modelle zur Gaspermeation, In: J. Friedrich, M. Oetken (Hrsg.), Praxis der Naturwissenschaften: Chemie in der Schule, 62. Jahrgang, Aulis Verlag, Hallbergmoos, 2013, S. 10–15.
- Macherey-Nagel GmbH & Co. KG: <ftp://ftp.mn-net.com/deutsch/Beipackzettel/Testpapiere/90609de.pdf> (letzter Zugriff 28.04.2016).
- M. Mittelbach, C. Reidlinger: Organisch-chemische Schulversuche Laborübungen, Graz, 2015.
- Nationalrat Österreich: Allgemeines Bildungsziel, schulautonome Lehrplanbestimmungen, Didaktische Grundsätze, Bildungs- und Lehraufgabe sowie Lehrstoff Der gemeinsamen Unterrichtsgegenständen an den höheren technischen und gewerblichen(einschließlich kunstgewerblichen) Lehranstalten, Anlage 1, 2015.

- V. Obendrauf: Vom Einweg-BIC(c) zum Jet Flame Lighter, Historische und chemiedidaktische Aspekte zum Thema Feuerzeug (Teil II), In: J. Kriegseisen (Hrsg.), CHEMIE & Schule, Verband der Chemielehrer Österreichs, Seeham/Salzburg, 2003, S. 10–23.
- V. Obendrauf: Versuchsbeschreibungen zu den Laborübungen Anorganisch-Chemische Schulversuche, Zeitsparende Schulchemie mit kleinen Mengen, Graz, 2010.
- R. Pastusiak: Charakterisierung von Zellstoffkomponenten. Dissertation, München, 2003.
propak Austria: <http://www.propak.at/verpackung/propak-verpackungssektor> (letzter Zugriff 17.03.2016).
- E. Riedel, C. Janiak: Anorganische Chemie, 8. Auflage, de Gruyter, Berlin, 2011.
Statista: <http://de.statista.com/statistik/daten/studie/173742/umfrage/weltweiter-verpackungsmarkt-nach-verpackungsmitteln-seit-2003/> (letzter Zugriff 17.03.2016).
- L. Strimitzer, M. Höher: Biokunststoffe in Österreich, Ein Beitrag zur Ressourcenschonung und zum Klimaschutz, Wien, 2015.
- Umweltbundesamt: Biokunststoffe nicht besser, Verpackungen aus bioabbaubaren Kunststoffen sind denen auserkömmlichen Kunststoffen nicht überlegen, Dessau-Roßlau, 2012.
- W. Wagner: http://daten.didaktikchemie.uni-bayreuth.de/experimente/effekt/video_herbstblatth.htm (letzter Zugriff 17.05.2016).
- J. Warnatz, U. Maas, R.W. Dibble: Verbrennung, Physikalisch-Chemische Grundlagen, Modellierung und Simulation, Experimente, Schadstoffentstehung, 3. Auflage, Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, 2001.
- F.E. Weinert (Hrsg.): Leistungsmessungen in Schulen, 2. Auflage, Beltz, Weinheim, 2002.
- P. Wich: <http://www.experimentalchemie.de/versuch-025.htm> (letzter Zugriff 13.04.2016).
- D. Wiechoczek: http://www.chemieunterricht.de/dc2/citrone/c_t10.htm (letzter Zugriff 28.03.2016).
- Wirtschaftskammer Österreich: <https://www.wko.at/Content.Node/branchen/oe/Nahrungs--und-Genussmittelindustrie--Lebensmittelindustrie-/Kennzeichnung.html#Kennzeichnung6> (letzter Zugriff 17.03.2016).

10 Anhang

Anhang 1 – Seite 154 - 157: Fragebogen zum Thema „Lebensmittelverpackungen heute

Anhang 2 – Seite 158: Herstellen von Stärkefolie

Anhang 3 – Seite 159: Vergraben von Verpackungen aus Biokunststoffen

Anhang 4 – Seite 160: Lösungsversuch von Biokunststoffen in Wasser

Anhang 5 – Seite 161: Nachweis von CO₂ im Schutzgas für diverse Lebensmittel

Anhang 6 – Seite 162: Verbrennen von Butan

Anhang 7 – Seite 163: Demonstration einer Explosion mit Campinggas

Anhang 8 – Seite 164: Fernhalten des Sauerstoffs von sauerstoffempfindlichen Substanzen

Anhang 9 – Seite 165: Bestimmung des Verpackungsanteils bei Kunststoff-, Glas- bzw. Metallverpackungen

Anhang 10 – Seite 166 - 167: CO₂-Durchlässigkeit von PET- bzw. Glas-Flaschen und Metalldosen - Ermittlung der pH-Änderung durch Farbumschlag von Bromthymolblau

Anhang 11 – Seite 168: Nachweis von Kohlenstoffdioxid in den Wänden von Getränkeflaschen mit Kalkwasser

Anhang 12 – Seite 169: Permeation von Kohlenstoffdioxid und Sauerstoff durch einen Luftballon

Anhang 13 – Seite 170: Duftballon

Anhang 14 – Seite 171: Lichtdurchlässigkeit von gefärbtem und ungefärbtem Glas

Anhang 15 – Seite 172: Äpfel und Obstsalat

Anhang 17 – Seite 173: Nachweis von Wasser und Kohlenstoffdioxid als Verbrennungsprodukte

Anhang 18 – Seite 174: Nachweis der schützenden Wirkung der Zinn-Beschichtung

„Lebensmittelverpackungen heute“
Diplomarbeit – Bernd Winter

<input type="checkbox"/> männlich <input type="checkbox"/> weiblich	Alter: Ausbildung: Derzeitige Tätigkeit:
--	---

1. Welche Aufgaben hat eine Lebensmittelverpackung zu erfüllen?

2. Was kann man mit ausgedienten Lebensmittelverpackungen machen?

3. Welche Verpackungsmaterialien kennst du?

4. Was stellst du dir unter kompostierbaren Biokunststoffen vor?

5. Vergleiche Flaschen aus Kunststoff, Glas sowie Metall und setze ein Kreuz, wenn die angeführte Anforderung zutrifft.

Anforderung	Kunststoff	Glas	Metall
Der Verpackungsanteil am Gesamtgewicht ist niedrig.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Hohe Stabilität	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Eine wiederholte Verwendung ist ca. 50 mal möglich.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Aromastoffe werden durch die Verpackung kaum aufgenommen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Die Verpackung lässt einen CO ₂ Austritt unter festem Verschluss nicht zu.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Die Verpackung lässt einen Wasserdampf Eintritt bzw. Austritt unter festem Verschluss nicht zu.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Die Verpackung lässt einen O ₂ Eintritt bzw. Austritt unter festem Verschluss nicht zu.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

„Lebensmittelverpackungen heute“
Diplomarbeit – Bernd Winter

6. Manche Lebensmittel werden unter Schutzgasatmosphäre verpackt. Bei welchen der folgenden Moleküle handelt es sich um ein sogenanntes Schutzgas?

- | | |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> Kohlenstoffdioxid (CO ₂) | <input type="checkbox"/> Methan (CH ₄) |
| <input type="checkbox"/> Stickstoff (N ₂) | <input type="checkbox"/> Chlor (Cl ₂) |
| <input type="checkbox"/> Sauerstoff (O ₂) | <input type="checkbox"/> Butan (Feuerzeuggas) |

7. Unkontrollierte Vorgänge können Veränderungen im Lebensmittel hervorrufen. Ordne in der folgenden Tabelle den Vorgängen mögliche Veränderungen im Lebensmittel zu. Einem unkontrollierten Vorgang können mehrere Veränderungen im Lebensmittel zugeordnet werden.

Veränderungen im Füllgut

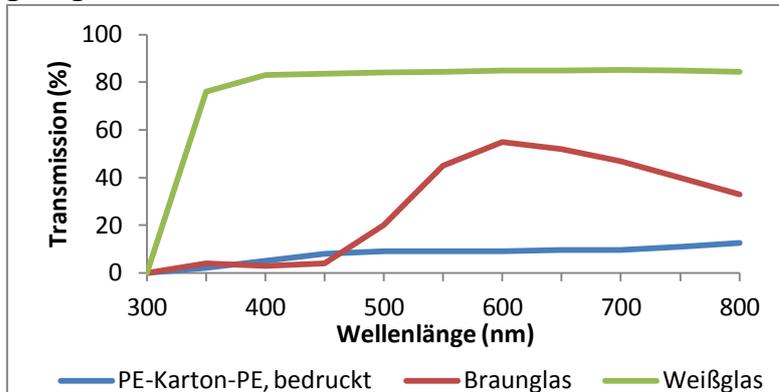
1. Verstärkung und Beschleunigung von Oxidationen (z.B. Ranzigwerden von Fetten)
2. Vitaminabbau
3. Aromazerstörung
4. Verlust der Knusprigkeit (z.B. Kekse werden weich)
5. Austrocknen (z.B. Brot)
6. Verklumpen von Lebensmittel, die gerne Wasser aus der Luft aufnehmen
7. Wachstum von Mikroorganismen
8. Veränderung von Getränken
9. Änderung der Schutzgasatmosphäre

Unkontrollierte Vorgänge	Veränderungen im Lebensmittel
Sauerstoffeintritt	
Wasserdampfeintritt	
Wasserdampfverlust	
Kohlenstoffdioxidverlust	
Lichteintritt, UV-Strahlung	

„Lebensmittelverpackungen heute“

Diplomarbeit – Bernd Winter

8. Bei Lebensmitteln wie Milch, Fruchtsäften, Bier und Wein wird eine Lichtschutzverpackung verwendet. Was vermutest du, warum dies gemacht wird? Welcher Verpackungsvorschlag (siehe Grafik) ist dafür am besten geeignet?



Daten für das Diagramm aus B. Landsgesell:
Lebensmittelverpackungen als Thema des Chemieunterrichts.

9. CO₂ kann aus Verpackungsmaterialien auch unter festem Verschluss austreten. Ordne in der folgenden Auflistung, welche Verpackung am wenigsten (1) und welche am meisten (4) CO₂ durchlässt. Wenn du glaubst, dass es Verpackungen gibt, die gleich viel durchlassen, dann vergib dieselbe Zahl.

	Glasflasche
	Dünnwandige PET-Flaschen
	Dickwandige PET-Flaschen
	Getränkedosen aus Metall (Weißblech oder Aluminium)

10. Obstsalat und Äpfel: Welches Lebensmittel verdirbt schneller, warum ist dies so und was ist der chemische Hintergrund dazu?

11. Warum verzögert kühle Aufbewahrung von Lebensmitteln den Verderb?

„Lebensmittelverpackungen heute“

Diplomarbeit – Bernd Winter

- 12. Warum werden Fette ranzig? Hast du eine Idee, wie man das „Ranzigwerden“ verhindern kann?**

- 13. Warum benutzt man Vakuumverpackungen?**

- 14. Warum benutzt man Verpackungen mit Schutzgasatmosphäre?**

- 15. Welche Produkte entstehen bei der Verbrennung von Kunststoff und welche bei der Verbrennung von Papier?**

- 16. Kann man auch einen Nutzen aus der Verbrennung von Kunststoff bzw. Papier ziehen?**

- 17. Der Lebensmittelinhalt von geöffneten Dosen sollte möglichst rasch umgeleert werden. Hast du eine Vermutung warum?**

- 18. Kann Wasserdampf eher durch polare oder unpolare Verpackungsmaterialien durchdringen? Warum?**



Sicherheitshinweis: Labormantel und Schutzbrille tragen

Herstellen von Stärkefolie

Material

Erlenmeyerkolben, Heizplatte, Rührwerk, Rührknochen, glatte Klarsichtfolien, Messer

Chemikalien

6,8 g lösliche Stärke, 3,6 g Kartoffelmehl, 12 ml Glycerin, 100 ml Wasser, 1 Pkg. gemahlene Gelatine, Lebensmittelfarbe, evtl. Paraffinöl

Durchführung

Durchmische die Reagenzien (bis auf die Gelatine und Lebensmittelfarbe) im Erlenmeyerkolben gut und achte darauf, dass du Klumpen sofort mit einem Löffel zerdrückst, da sie sich später nicht mehr entfernen lassen. Erhitze die Mischung unter Rühren für ca. 15 Minuten im Wasserbad (100°C), bis eine homogene, fast klare Substanz entsteht.

Danach bereite die Gelatine nach der Verpackungsvorschrift zu, rühre sie in die Mischung ein und erwärme sie noch weitere 5 Minuten unter Rühren. Die Masse sollte nun dickflüssig und klebrig sein. Du kannst noch eine Spatelspitze Lebensmittelfarbe zugeben.

Gieße die fertige Folienmasse unmittelbar auf die Klarsichtfolien und verteile sie gleichmäßig (nicht zu dünn!). Anschließend stelle die Folien zum Trocknen für 24 Stunden an einen ruhigen Ort.

Beim Ablösen ziehe am besten mit einem Messer einen Rand und löse die Folien vorsichtig, an einer Ecke beginnend, ab.

Beobachtungen und Anmerkungen zur Herstellung der Stärkefolie

Versuch zum Thema Lebensmittelverpackungen



Sicherheitshinweis: Labormantel und Schutzbrille tragen

Vergraben von Verpackungen aus Biokunststoffen

Führe den Versuch durch und dokumentiere deine Beobachtungen (am besten auch fotografisch). Beobachte wie sich die Verpackungsmaterialien während ihrer Vergrabungsdauer in ihrem Aussehen und ihrer Beschaffenheit verändern.

Material

Verpackungen aus Biokunststoffen

Als Vergleich sollten beispielsweise auch Biomüllsäcke aus Papier oder Frischhaltesackerl aus PE-LD-Kunststoffen verwendet werden.

Chemikalien

-

Durchführung und Beobachtung

Vergrabe die Verpackungsmaterialien in der Erde oder in einem Komposthaufen. Informationen zur Verpackung trage in die folgende Tabelle ein:

Name der Verpackung	besteht aus (falls bekannt):	Entsorgungshinweise	Zertifikat (z.B. biologisch abbaubar)

Beobachtung

Welcher theoretische Hintergrund ist gegeben?

Versuch zum Thema Lebensmittelverpackungen



Sicherheitshinweis: Labormantel und Schutzbrille tragen

Lösungsversuch von Biokunststoffen in Wasser

Führe den Versuch durch und dokumentiere deine Beobachtungen. Beobachte wie sich der Biokunststoff während der Versuchsdauer in seinem Aussehen und seiner Beschaffenheit verändert.

Material

Becherglas oder Marmeladeglas

Chemikalien

Biokunststoff, Wasser

Durchführung

Gib den Biokunststoff in ein mit Wasser gefülltes Marmeladeglas und lass es für ein paar Wochen stehen. Davor und danach wiege das Gewicht des Kunststoffes.



Beobachtung

Welcher theoretische Hintergrund ist gegeben?

Versuch zum Thema Lebensmittelverpackungen



Sicherheitshinweis: Labormantel und Schutzbrille tragen

Nachweis von CO₂ im Schutzgas für diverse Lebensmittel

Verwende für diesen Versuch unter Schutzgas verpackte Lebensmittel, bei denen du CO₂ als Schutzgas nachweisen möchtest und führe den Versuch durch. Dokumentiere deine Beobachtungen und werte deine Ergebnisse in der angeführten Tabelle aus.

Material

60 ml Einmalspritze mit Kanüle, 3 ml Reagenzgläser (je nach Anzahl der Proben), Reagenzglasständer, unter Schutzgas verpackte Lebensmittel

Chemikalien

Ca(OH)₂-Lösung

Durchführung

Stich mit der Spritze in die Verpackung und ziehe das Gas damit auf. Willst du das Kohlenstoffdioxid in Getränken nachweisen, so stich von außen in den Gasraum ein um das Gas zu entnehmen. Anschließend leite das Gas in ein Reagenzglas mit ca. 0,5 ml Ca(OH)₂ ein. Dabei verwende, je nachdem, bis zu 180 ml der Schutzgasprobe, damit du Kohlenstoffdioxid nachweisen kannst.

Beobachtung und Auswertung

Lebensmittel	Gasmenge [ml]	Fällt ein weißer Niederschlag aus?

Kannst du den Ausfall des weißen Niederschlages erklären (chemische Reaktion)?

Versuch zum Thema Lebensmittelverpackungen



Sicherheitshinweis: Labormantel und Schutzbrille tragen

Verbrennen von Butan

Führe den Versuch durch und dokumentiere deine Beobachtungen. Betrachte bei der Verbrennung der Variante 2 das Reagenzglas unten und oben. Fällt dir etwas Besonderes auf?

Material

Variante 1

50 ml Spritze, Kanüle, Kerze

Variante 2

100 ml Becherglas, Reagenzglas, Glimmspan, Kunststoffschlauch

Chemikalien

Feuerzeuggas (Butan)

Durchführung

Variante 1

Entzünde die Kerze und fülle die Spritze mit dem Feuerzeuggas. Anschließend stecke die Kanüle auf die Spritze und halte sie in die Flamme der Kerze, wobei du ständig Gas aus der Spritze drückst. Fahre wieder aus der Flamme heraus und drücke weiterhin das Gas heraus.

Variante 2

Stecke den Kunststoffschlauch auf den Ausgang des Gasbehälters und führe ihn in das Reagenzglas, welches du in das Becherglas stellst. Danach leite das Butan durch Drücken des Gasausganges in das Reagenzglas ein, wobei es dort als Flüssigkeit aufgefangen wird. Führe den Schlauch wieder heraus nachdem du in etwa 1 ml des Butans hast, und fahre mit einem brennenden Glimmspan in das Reagenzglas.

Beobachtung

Wie lassen sich deine Beobachtungen erklären? Gib die chemische Reaktionsgleichung zu den Vorgängen an.

Versuch zum Thema Lebensmittelverpackungen



Sicherheitshinweis: Labormantel und Schutzbrille tragen

Demonstration einer Explosion mit Campinggas
Material 190 g Pringlesdose, 5 - 7 ml Bohrer, Klebeband, 50 ml Spritze, zwei Korkstücke, Glimmspan
Chemikalien Campinggas (Butan)
Durchführung Verwende eine Pringlesdose, bei der der Deckel noch gut sitzt. Ca. 3 cm über dem Boden bohre ein so großes Loch, sodass du gut mit einem brennenden Holzspan hineinkommst. Dieses verschließe mit einem gut ablösbaren Klebeband. In die Dose kannst du nun zwei Korkstücke geben. Anschließend fülle die Spritze mit 40 ml des Gases und überführe dieses in die Dose, welche du danach verschließt und ein wenig schwenkst. Führe den Versuch in einer Umgebung durch, bei der sich keine brennbaren und explosiven Stoffe befinden. Dazu entzünde den Glimmspan, sodass du eine schöne Flamme erhältst. Entferne das Klebeband und führe den brennenden Glimmspan in das Loch.
Beobachtung
Wie lassen sich deine Beobachtungen erklären? Gib die chemische Reaktionsgleichung zu den Vorgängen an.



Sicherheitshinweis: Labormantel und Schutzbrille tragen

<p style="text-align: center;">Fernhalten des Sauerstoffs von sauerstoffempfindlichen Substanzen</p>
<p><i>Führe den Versuch durch und beobachte die Küchenrollenstücke. Welcher Unterschied liegt vor? Beschreibe deine Beobachtungen und welcher theoretische Hintergrund gegeben ist.</i></p>
<p>Material 100 ml Becherglas, Spatel, Pinzette, 2 0,5 l Marmeladegläser aus Weißglas mit Metall-Schraubdeckel, Küchenrolle, Schere</p>
<p>Chemikalien Indigotin E132 (Lebensmittelfarbe), Natriumdithionit, CO₂-Gasspender, alternativ: Stickstoff</p>
<p>Durchführung Gib zu 50 ml destilliertem Wasser eine Spatelspitze der Lebensmittelfarbe, sodass die Lösung nicht zu intensiv blau wird. Füge anschließend eine Spatelspitze Natriumdithionit hinzu, sodass die Lösung eine gelbe Farbe erhält. Für eine Probe schneide ein längliches Stück von der Küchenrolle herunter und falte es zusammen. Dieses tauche mit der Pinzette in die Lösung. Wird nach dem Herausnehmen aus der Lösung das Stück sofort blau, so ist noch mehr an Natriumdithionit erforderlich. Die Blaufärbung sollte in etwa nach einer Minute auftreten. Ist die Lösung fertig, so schneide zwei weitere Stücke von der Küchenrolle herunter und falte sie. Bereite den CO₂-Gasspender vor und flute eines der Marmeladegläser mit Kohlenstoffdioxid. Tauche ein Stück der Küchenrolle in die Lösung und überführe es in das Marmeladeglas mit CO₂, welches du nochmals mit diesem flutest. Anschließend gib den Deckel drauf. Tauche das zweite Küchenrollenstück ebenfalls in die Lösung und gib es in das zweite Marmeladeglas. Dieses lasse geöffnet stehen.</p>
<p>Beobachtung</p>
<p>Wie lassen sich deine Beobachtungen erklären?</p>

Versuch zum Thema Lebensmittelverpackungen



Sicherheitshinweis: Labormantel und Schutzbrille tragen

Bestimmung des Verpackungsanteils bei Kunststoff-, Glas- bzw. Metallverpackungen

Führe den Versuch durch und dokumentiere die ermittelten Werte in der angeführten Tabelle.

Material

0,5 l „Coca-Cola“ in einer Kunststoff- und Glasflasche sowie Aluminiumdose

Chemikalien

-

Durchführung

Ermittle das Gewicht der vollen Behältnisse. Danach leere sie aus und miss das Gewicht der leeren Behältnisse. Anschließend berechne das Verhältnis des Gewichts der Behältnisse zum Gesamtgewicht.

Auswertung

Behältnis	Gewicht mit Flüssigkeit [g]	Gewicht ohne Flüssigkeit [g]	Verhältnis Gewicht ohne Flüssigkeit zu Gewicht mit Flüssigkeit

Was kannst du aus den ermittelten Ergebnissen für den Einsatz der jeweiligen Materialien schließen?



Sicherheitshinweis: Labormantel und Schutzbrille tragen

**CO₂-Durchlässigkeit von PET- bzw. Glas-Flaschen und Metalldosen –
Ermittlung der pH-Änderung durch Farbumschlag von Bromthymolblau**

Beobachte bei diesem Versuch stets die Färbung der Reagenzflüssigkeiten und beachte und dokumentiere dabei auch den zeitlichen Verlauf der Verfärbungen (am besten auch fotografisch).

Material

2 l Vorratsbehälter mit aromadichtem Deckel (z.B. von Ikea aus der Serie KORKEN); Getränke nach Wahl (jedenfalls Behältnisse aus Kunststoff, Glas und Aluminium - alle mit Kohlensäure und einmal aus Kunststoff ohne Kohlensäure), 2 Erlenmeyerkolben (50 ml) mit Stopfen, 2 Pasteurpipetten, Glasstab

Chemikalien

Bromthymolblau-Lösung (wässrig-ethanolisch 1 : 1, w ≈ 3%), konz. Natriumcarbonat-Lösung ($c(\text{Na}_2\text{CO}_3) \approx 2,5 \text{ mol / L}$), destilliertes Wasser

Durchführung

Befreie die Getränkeflaschen vom Etikett und von sämtlichen Klebstoffresten, spüle sie gut ab und stelle sie in die Vorratsbehälter. In diese gib so viel destilliertes Wasser, dass die Flaschen bedeckt sind bzw. darin schwimmen.

Dabei ziehe zwei Versuchsvarianten in Betracht. Bei einer sollen die Verschlüsse in der Flüssigkeit sein (Flasche/Dose evtl. verkehrt in den Behälter geben) und bei der anderen sollen sie frei bleiben. Diese Varianten musst du nicht zugleich durchführen, sondern kannst du auch hintereinander machen. Wichtig dabei ist jedoch, dass du stets eine neue Lösung herstellst.

Grundsätzlich solltest du entweder 1 l destilliertes Wasser bzw. 1,5 l destilliertes Wasser verwenden, damit du die folgende Tropfenanzahl gut variieren kannst. Nimm die Flaschen nochmals aus den Behältern und stelle die Versuchslösungen entsprechend der obigen Angabe her.

Nun füge pro Liter Wasser 10 Tropfen Bromthymolblau-Lösung sowie 2 Tropfen konzentrierte Natriumcarbonat-Lösung hinzu und verrühre die Lösung mit einem Glasstab. Wichtig dabei ist, dass die Lösung gerade blau wird. Sollte sie noch nicht genügend blau sein, so füge in alle Behältnisse verhältnismäßig gleich viele weitere Tropfen Natriumcarbonat-Lösung hinzu, damit du dieselbe Ausgangslage erreichst.

Stelle nun wieder alle Getränkeflaschen in die Behälter, verschließe sie und beobachte, nach wie vielen Tagen ein Farbumschlag von blau nach grün bzw. nach gelb erfolgt.

Versuch zum Thema Lebensmittelverpackungen



Sicherheitshinweis: Labormantel und Schutzbrille tragen

Beobachtung

Wie lassen sich deine Beobachtungen erklären?



Sicherheitshinweis: Labormantel und Schutzbrille tragen

Nachweis von Kohlenstoffdioxid (in den Wänden) von Getränkeflaschen mit Kalkwasser

Führe den Versuch durch und beobachte die Außenseiten der im Kalkwasser befindlichen Flaschen. Achte dabei auf den zeitlichen Verlauf der Beobachtungen und halte diese am besten fotografisch fest. Prüfe nach dem Versuch mit deinem Fingernagel, ob sich die Ablagerungen von den Flaschen entfernen lassen, um sicher zu gehen, dass es sich bei der Veränderung an der Flasche um keine Veränderung am Kunststoff selbst handelt.

Material

3 2 l Vorratsbehälter mit aromadichtem Deckel (z.B. von Ikea aus der Serie KORKEN);
2 Mineralwasserflaschen aus Kunststoff (Inhalt Mineralwasser mit Kohlensäure),
1 Wasserflasche aus Kunststoff (Inhalt stilles Wasser)

Chemikalien

gesättigte Calciumhydroxid-Lösung

Durchführung

Säubere die Getränkeflaschen außen vollständig. Danach stelle eine original befüllte Mineralwasserflasche sowie die Mineralwasserflasche mit stillem Wasser in die Vorratsbehälter. Fülle die Vorratsbehälter mit Kalkwasser, sodass im besten Fall die Flaschen gänzlich bedeckt sind, und verschließe die Behälter.

Die zweite Getränkeflasche mit Mineralwasser entleere, fülle sie mit destilliertem Wasser, verschraube sie und stelle sie in einen weiteren Behälter. Fülle auch diesen mit Kalkwasser, sodass wieder im besten Fall die ganze Flasche bedeckt ist, und verschließe den Behälter.

Beobachtung

Wie lassen sich deine Beobachtungen erklären?

Versuch zum Thema Lebensmittelverpackungen



Sicherheitshinweis: Labormantel und Schutzbrille tragen

Permeation von Kohlenstoffdioxid und Luft durch einen Latexhandschuh

Führe den Versuch durch und dokumentiere den zeitlichen Verlauf deiner Beobachtungen. Am besten führst du eine Fotodokumentation durch.

Material

2 Latexhandschuhe

Chemikalien

Kohlenstoffdioxid aus einem CO₂-Gasspender

Durchführung

Blase einen Latexhandschuh mit Luft und den anderen mit Kohlenstoffdioxid auf. Dabei sollen beide Ballons in etwa dieselbe Größe haben. Beschrifte die Ballons, denn es muss erkennbar sein, welcher der beiden Ballons mit welchem Gas gefüllt ist. Anschließend lasse beide Ballons liegen.

Beobachtung

Wie lassen sich deine Beobachtungen erklären?

Versuch zum Thema Lebensmittelverpackungen



Sicherheitshinweis: Labormantel und Schutzbrille tragen

Dufthandschuh
Material Latexhandschuh
Chemikalien Vanillezucker, Backaroma, Parfüm, Rasierwasser
Durchführung Fülle den Handschuh mit einer der genannten Substanzen und blase ihn auf. Unmittelbar danach und einige Zeit später rieche am Handschuh.
Beobachtung
Wie lassen sich deine Beobachtungen erklären?



Sicherheitshinweis: Labormantel und Schutzbrille tragen

Lichtdurchlässigkeit von gefärbtem und ungefärbtem Glas

Material

3 Reagenzgläser, Reagenzglasständer, Waage, 2 ml Pipette, Kristallisierschale (Durchmesser 7 cm), 5 Rundfilter (Durchmesser 45 mm), Pinzette aus Kunststoff, 2 Weißglas-, 1 Braunglas- und 1 Grünglas-Flasche mit je einem Schraubverschluss (können auch Marmeladegläser sein), 1 Tetra Pak, Aluminiumfolie, Abzug, Stoppuhr

Chemikalien

Substanz A: Eisen(III)-chlorid Hexahydrat

Substanz B: Oxalsäure

Substanz C: Kaliumhexacyanoferrat(III) = „Rotes Blutlaugensalz“

Durchführung

Wickle um eine der beiden Weißglasflaschen bis knapp unter das Gewinde eine Aluminiumfolie. Aus den 3 Substanzen stelle jeweils 5 %ige wässrige Lösungen her, wozu du je 0,1 g der Substanz abwiegst und 2 ml Wasser hinzufügst. In einem abgedunkelten Raum oder Abzug gießt du nun die Inhalte der 3 Reagenzgläser in eine Kristallisierschale. Mit Hilfe der Pinzette tauche die fünf Rundfilter nacheinander in das Lösungsgemisch ein und überführe sie in die Glasflaschen bzw. das Tetra Pak, welche du anschließend verschließt. Bei einer Glasflasche mit Hals positioniere den Filter am besten in diesem, damit du ihn wieder schnell herausbekommst. Den Verschluss lege dann verkehrt auf die Flasche. Danach stelle die Behälter für eine Minute ins Sonnenlicht. Entnimm mit der Pinzette die Rundfilter aus den Verpackungen und prüfe diese unmittelbar auf Farbveränderungen.

Anmerkung:

Schütze das Gemisch in der Petrischale vor direktem Lichteinfall. Die Lichtquelle im Abzug schalte aus und mache die Beleuchtung im Labor möglichst dunkel.

Beobachtung

Wie lassen sich deine Beobachtungen erklären?



Sicherheitshinweis: Labormantel und Schutzbrille tragen

Äpfel und Obstsalat
<i>Führe den Versuch durch und achte bei deinen Beobachtungen auf das Aussehen, den Geruch und die Farbe der jeweiligen Obstsalate und des Apfels. Halte die Beobachtungen auch fotografisch fest.</i>
Material 3 Kristallisierschalen, Messer, 3 Äpfel
Chemikalien Äpfel, Wasser, Zucker, Zitronensäure
Durchführung Schneide zwei Äpfel in Stücke und teile sie auf die drei Kristallisierschalen auf. Fülle die Kristallisierschalen mit Wasser, sodass die Äpfel bedeckt sind. Gib in eine Schale drei Teelöffel Zucker und in eine weitere drei Teelöffel Zitronensäure dazu und verrühre alles. Die dritte Schale bleibt nur mit Wasser gefüllt. Zur Beobachtung lege einen Apfel zu den Schalen dazu.
Beobachtung
Wie lassen sich deine Beobachtungen erklären?

Versuch zum Thema Lebensmittelverpackungen



Sicherheitshinweis: Labormantel und Schutzbrille tragen

Nachweis von Wasser und Kohlenstoffdioxid als Verbrennungsprodukte

Material

Standzylinder (niedrig), Stativstange, Klemme, Muffe, Fliese, Zange, Bunsenbrenner, PE-LD Streifen (z.B. von einem Müllsack), Papier, Handschuh

Chemikalien

Watesmopapier, Calciumhydroxid-Lösung

Durchführung

Befestige den Standzylinder verkehrt in einer Klemme an der Stativstange. Darunter lege eine Fliese, entzünde die zu untersuchenden Materialien (Kunststoff und Papier) und halte sie während der Verbrennung unter den Standzylinder. Weise am Beschlag des Standzylinders die Entstehung des Wassers mit dem Watesmopapier nach. Anschließend halte nochmals das zu verbrennende Material unter den Zylinder. Nach einigen Sekunden spanne diesen aus und drehe ihn um (Handschuh verwenden!), befülle ihn mit dem Kalkwasser und schwenke ihn. Verwende entweder für das zweite Material einen frischen Standzylinder oder du musst den anderen entsprechend reinigen und trocknen.



Beobachtung

Wie lassen sich deine Beobachtungen erklären?

Versuch zum Thema Lebensmittelverpackungen



Sicherheitshinweis: Labormantel und Schutzbrille tragen

Nachweis der schützenden Wirkung von Dosenbeschichtungen

Führe den Versuch durch und beobachte die Veränderungen an den Dosenteilen sowie die Farbveränderung des Gelees. Dokumentiere den zeitlichen Verlauf deiner Beobachtungen und nütze dafür auch eine Fotodokumentation.

Material

Blehschere, 100 ml Becherglas, Messzylinder, Rührknochen, Magnetstab, Heizrührer, Petrischale (Durchmesser 9 cm) mit Deckel, Haushaltshandschuh

Chemikalien

Dosenblech mit Zinnbeschichtung innen, mit Zinn überzogener Eisennagel, Agar-Agar, rotes Blutlaugensalz $K_3[Fe(CN)_6]$

Durchführung

Schneide aus einer Konservendose ein Stück von etwa 4 cm^2 aus und ritze die Innenseite mit einem spitzen Gegenstand kräftig an. Im Becherglas bringe 50 ml Wasser zum Sieden und füge unter Rühren 1 g Agar-Agar sowie eine Spatelspitze rotes Blutlaugensalz hinzu. Lege einen Eisennagel mit Zinn-Überzug und das präparierte Blechstück, dessen angeritzte Seite nach oben zeigt, in die Petrischale und gieße die noch heiße Lösung darüber.

Beobachtung

Wie lassen sich deine Beobachtungen erklären?