Zürcher Hochschule
für Angewandte Wissenschaften

Life Sciences und
Facility Management

ILGI Institut für Lebensmittel-
und Getränkeinnovation

Schlussbericht

Zuckerreduktion in Frühstückscerealien: Technologische Machbarkeit und sensorische Wahrnehmung

Projekt SIMAP-Nr.: (17050) 341

Cezanne, M.-L., Julius, N., Brombach, C. und Bongartz, A.

30.01.2020

Danksagung

An dieser Stelle gilt unser Dank den Industriepartnern, ohne die die erfolgreiche Durchführung dieses Projektes nicht möglich gewesen wäre.

Insbesondere möchten wir der Schweizerischen Schälmühle E. Zwicky AG (namentlich Brisca Menge und Urs Santschi), Globofood SA (Madeleine Bachmann), der Stadtmühle Schenk (Hans Wüthrich) sowie Cereal Partners Worldwide (Dorothée Adeline, Patricia Bally) für die Unterstützung bei der Erstellung der Rezepturen, den intensiven und konstruktiven Austausch sowie natürlich für die Herstellung der Produkte bedanken.

Des Weiteren gilt unser Dank der Impag AG (Tamara Strebel), der Omya AG (Lalit Sharma) und Givaudan SA (Tobias Wallimann) für die Mithilfe bei der Entwicklung der zuckerreduzierten Rezepturen sowie das Einbringen wichtiger Inputs und selbstverständlich für die Organisation und zur Verfügung stellen bestimmter Rohstoffe.

Ebenso gilt unser Dank dem Team der Forschungsgruppe Lebensmittel-Technologie der ZHAW (Nadina Müller, Patrick Näf, Susanna Miescher) für den wertvollen Austausch und die Herstellung der Produkte.

Abstract

Mithilfe unterschiedlicher Ansätze wurden in drei verschiedenen Kategorien von Frühstückscerealien (Gebackene Sorten, Flakes und Direct-Expanded Cereals) zuckerreduzierte Varianten des jeweiligen Standardprodukts entwickelt. «A»-«not A»-Tests mit Konsumenten wurden durchgeführt, um zu überprüfen, ob das Ziel einer «stillen» Reduktion mit den gewählten Ansätzen möglich ist. Basierend auf den Ergebnissen dieses Projekts ist für die Gebackenen Sorten der Einsatz eines Bindemittels auf Basis löslicher Fasern am besten für eine Zuckerreduktion geeignet. Eine Reduktion von bis zu 20% zugesetztem Zucker kann hier erreicht werden. Für die Kategorie Flakes kann mit dem Ansatz «Sensorischer Kontrast» eine Reduktion von bis zu 22% zugesetztem Zucker erreicht werden. Mit dem Ansatz «Aroma» kann bei den Direct-Expanded Cereals innerhalb eines Anpassungsschrittes der zugesetzte Zucker ebenfalls um bis zu 20% reduziert werden.

Zusammenfassung

Im Zusammenhang mit der Erklärung von Mailand hat das Bundesamt für Lebensmittelsicherheit und Veterinärwesen (BLV) der Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaft (ZHAW) den Zuschlag für ein Projekt erteilt, eine Studie zur Zuckerreduktion in Frühstückscerealien durchzuführen, wobei neben den technologischen Möglichkeiten auch die sensorische Wahrnehmung der Zuckerreduktion durch Konsumenten untersucht wurden. Folgende Forschungsfragen wurden im Projekt untersucht:

1. Wie resp. mittels welcher Massnahmen kann der Gehalt an zugesetztem Zucker in Frühstückscerealien in relevantem Umfang gesenkt werden?
2. Wie hoch darf die Zuckerreduktion maximal und pro Anpassungsschritt sein, ohne dass Konsumenten und Konsumentinnen diese wahrnehmen?
3. In welchen Zeitintervallen können solche Reduktionsschritte umgesetzt / wiederholt werden?

Die Produktkategorien, die für die Beantwortung der drei Forschungsfragen herangezogen werden sollen, waren vom BLV vorgegeben. Für drei Kategorien (Gebackene Sorten, Flakes, Direct-Expanded Cereals) in jeweils drei Geschmacksrichtungen (Nature, Frucht, Schokolade) sollten ausgehend von drei unterschiedlichen Zuckerausgangswerten verschiedene zuckerreduzierte Produktmuster entwickelt und evaluiert werden. Dafür wurde ausgehend von einer Literaturrecherche (siehe separater Bericht) und in Zusammenarbeit mit den Projektpartnern ein Versuchsplan erarbeitet und vom BLV genehmigt.

Abbildung 1 (auf der nächsten Seite) zeigt den generellen Projektablauf.

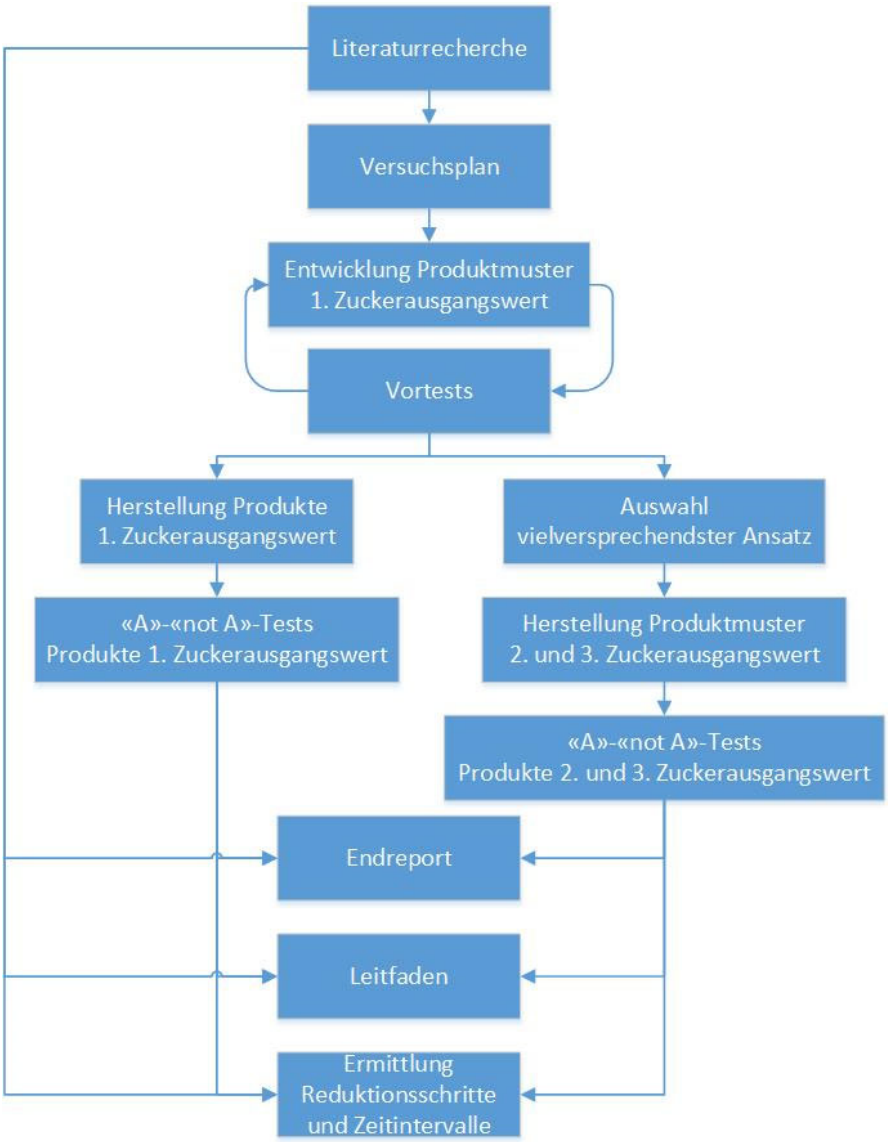

Abbildung 1: Übersicht genereller Projektablauf

Entwicklung der Produktmuster

Die Auswahl der zu testenden Ansätze erfolgte auf Basis der Literaturrecherche in Absprache mit den Projektpartnern. Dabei wurde darauf geachtet, dass die Ansätze möglichst einfach und kostengünstig sowie für die beteiligten Industriepartner umsetzbar sind. Tabelle 1 zeigt die in dieser Studie betrachteten Ansätze zur Zuckerreduktion.

Tabelle 1: Übersicht betrachtete Ansätze zur Zuckerreduktion

	Ansatz 1	**Ansatz 2**	**Ansatz 3**
Gebackene Sorten (Crunchy, Granola)	Vorverkleisterung	Einsatz von löslichen Fasern als Binder	Sensorischer Kontrast (Schichten mit unterschiedlicher Süsse)
Flakes	Einsatz von $CaCO_3$ in der Masse	Sensorischer Kontrast (Mischung von süssen und weniger süssen Flakes)	Einsatz von Aroma (Vanille) in der Masse
Direct-Expanded Cereals	Einsatz von $CaCO_3$ im Coating	Einsatz von Aroma (modifying Aroma) im Coating	Coating in mehreren Schichten mit unterschiedlicher Süsse

Die Entwicklung der Produktmuster anhand des Versuchsplans war, ausgenommen von einem Ansatz, erfolgreich. Bis auf Ansatz 3 (mehrschichtiges Coating) bei den Direct-Expanded Cereals ist es bei allen Mustern gelungen die vorgeschlagenen Reduktionsmöglichkeiten erfolgreich umzusetzen. Die resultierenden Produkte wurden während der Entwicklungsphase durch trainierte Prüfer in «A»-«not A»-Tests evaluiert. Auf Basis dieser Ergebnisse wurde sowohl entschieden, welche Reduktionsschritte für die «A»-«not A»-Tests mit den Konsumenten geeignet sind, als auch welche Ansätze die vielversprechendsten im Hinblick auf die Zuckerreduktion sind.

In den sensorischen Tests mit den Konsumenten wurden in einer ersten Phase ausgehend von einem ersten Zuckerausgangswert pro Kategorie, Geschmacksrichtung und Ansatz zur Zuckerreduktion jeweils zwei Reduktionsschritte getestet. Anschliessend wurde jeweils der vielversprechendste Ansatz zur Reduktion auf die beiden weiteren Zuckerausgangswerte übertragen (vgl. auch Abbildung 1).

Sensorische Analyse

Zur Evaluation der maximal möglichen Zuckerreduktion pro Anpassungsschritt, ohne dass der Konsument einen Unterschied wahrnimmt, wurden die entwickelten Produkte in sensorischen Prüfungen mit Konsumenten getestet. Hierfür wurde die Methodik des «A»-«not A»-Test gewählt. Der «A»-«not A»-Test ermöglicht eine realitätsnahe Testsituation, da hier – verglichen mit anderen Unterschiedsprüfungen wie z.B. Dreiecksprüfung oder Duo-Trio Test – der Vergleich auf der Erinnerung basiert und kein gleichzeitiger (simultaner) Vergleich zwischen den Proben stattfindet. Das Grundprinzip des «A»-«not A»-Tests besteht darin, dass die Prüfer zunächst ein Produkt «A» erhalten, mit welchem sie sich vertraut machen und anschliessend mehrere Proben einzeln nacheinander erhalten und bei diesen jeweils entscheiden, ob es sich um Probe «A» handelt oder nicht (ISO 8588:2017, DIN 10972:2003). In der vorliegenden Studie handelte es sich bei der Probe «A» jeweils um

das entsprechende Standardprodukt, d.h. ohne Zuckerreduktion. Pro Test wurde eine Gesamtzahl von 50 Prüfern angestrebt, wobei folgende Quoten erfüllt werden sollten:

- 100% konsumieren regelmässig (mind. dreimal pro Woche) Frühstückscerealien
- 50% Frauen, 50% Männer
- Alterskategorien:
    - 25% 6 – 14 Jahre
    - 25% 15 – 19 Jahre
    - 50% > 19 Jahre, davon
        - 50% ohne Kinder im Haushalt
        - 50% mit Kindern im Haushalt

Die Fragestellung innerhalb welcher Zeitintervalle einzelne Reduktionsschritte umgesetzt / wiederholt werden können, wurde auf Basis einer Literaturrecherche beantwortet, da im vorgegebenen Projektzeitraum die Durchführung eigener Studien zur Ermittlung der Zeitintervalle zwischen den einzelnen Reduktionsschritten nicht möglich gewesen wäre.

Evaluation Gebackene Sorten (Crunchy/Granola)
Bei den Gebackenen Sorten zeigt sich über alle Geschmacksrichtungen, dass der Ansatz der Vorverkleisterung zwar technologisch umzusetzen war, aber die zuckerreduzierten Proben sich in den sensorischen Tests signifikant von den jeweiligen Standardproben unterscheiden. Auch der Einsatz von löslichen Fasern als Bindemittel ist nicht über alle Geschmacksrichtungen und Zuckerausgangswerte erfolgreich. So ist in der Geschmacksrichtung Nature ausgehend von Zuckerausgangswert (ZAW) 1 eine Reduktion von bis zu 20% zugesetztem Zucker möglich, bei ZAW 2 eine Reduktion von bis zu 10% und bei ZAW 3 waren die für den Test gewählten Reduktionsschritte (-20 % resp. -27%) zu gross. In der Geschmacksrichtung Frucht konnte für die Variante Binder bei ZAW 1 keine Schlussfolgerung gezogen werden, da der erste (kleinere) Reduktionsschritt signifikant unterschiedlich zur Standardprobe war, der zweite (grössere) Reduktionsschritt hingegen nicht. Hinsichtlich ZAW 2 und ZAW 3 waren die gewählten Reduktionsschritte scheinbar zu gross, die Konsumenten konnten die zuckerreduzierten Produkte signifikant vom jeweiligen Standard unterscheiden. Bei der Geschmacksrichtung Schokolade war die Variante Binder bei ZAW1 nicht erfolgreich, bei ZAW 2 und 3 hingegen waren Reduktionsschritte von 12% resp. 9% möglich.

Basierend auf den oben erläuterten Ergebnissen ist für die Gebackenen Sorten der Einsatz eines Bindemittels auf Basis löslicher Fasern am besten für eine Zuckerreduktion geeignet, auch wenn dieser Ansatz nicht bei allen Geschmacksrichtungen resp. Zuckerausgangswerten erfolgreich war. Dies ist wahrscheinlich auf die zu gross gewählten Reduktionsschritte zurückzuführen. Die beiden weiteren getesteten Ansätze (Vorverkleisterung und sensorischer Kontrast) sind weniger erfolgreich, hier konnte für keine Geschmacksrichtung und keinen Zuckerausgangswert eine Empfehlung für einen Reduktionsschritt gegeben werden. Zudem sind diese beiden Varianten in der Umsetzung aufwändiger im Vergleich zur Variante mit dem Bindemittel.

Evaluation Flakes

Hinsichtlich der Kategorie Flakes zeigt sich bei dem Ansatz Aroma zur Zuckerreduktion einzusetzen ein ähnliches Bild wie bei der Variante Vorverkleisterung bei den Gebackenen Sorten: Für alle drei Geschmacksrichtungen war der Ansatz nicht erfolgreich (evtl. gewählte Reduktionsschritte zu gross) resp. lassen die Ergebnisse keine eindeutige Schlussfolgerung zu (erster Reduktionsschritt signifikant unterschiedlich zum Standard, zweiter Reduktionsschritt nicht). Beim Ansatz sensorischer Kontrast hingegen konnte – zumindest bei ZAW 1 – für alle drei Geschmacksrichtungen gezeigt werden, dass hier eine stille Reduktion möglich ist (Nature: -18%, Frucht: -23%, Schokolade: -18%). Bei der Geschmacksrichtung Nature war dieser Ansatz auch bei den beiden weiteren Zuckerausgangswerten erfolgreich, die vorliegenden Ergebnisse zeigen, dass eine Reduktion um 22% (ZAW 2) resp. 13% (ZAW 3) möglich ist. Auch der Ansatz $CaCO_3$ funktioniert bei den Flakes bei allen Geschmacksrichtungen: Ausgehend vom ZAW 2 ist bei der Sorte Nature eine Reduktion von 13.7% möglich, bei der Sorte Frucht von 37.1% (ausgehend von ZAW 1) und bei Schokolade 21.8% (ausgehend von ZAW 1).

Für die Kategorie Flakes ist sowohl der Ansatz $CaCO_3$ als auch sensorischer Kontrast empfehlenswert. Beide Ansätze sind mit wenig Aufwand umzusetzen (vgl. Kapitel 4.5). Der Ansatz sensorischer Kontrast bietet den Vorteil, dass keine zusätzlichen Rohstoffe benötigt werden.

Evaluation Direct-Expanded Cereals

Bei den Direct-Expanded Cereals ist mit beiden getesteten Ansätzen (Aroma und $CaCO_3$) eine stille Reduktion möglich. Beim Ansatz Aroma ist ausgehend von ZAW 1 ist je nach Sorte eine Reduktion von 12.3% (HoneyBalls) resp. 17.5% (HoneyPops) möglich. Einzig für die ChocoBalls ist für den ZAW 1 bei der Variante Aroma keine eindeutige Schlussfolgerung möglich (erster Reduktionsschritt signifikant unterschiedlich zum Standard, zweiter Reduktionsschritt nicht). Beim ZAW 2 resp. 3 sind folgende stillen Reduktionsschritten möglich: 10.9% resp. 7.3% (HoneyBalls), 12.0% resp. 10.5% (ChocoBalls), 20.4% resp. 13.0% (HoneyPops). Bei dem Ansatz $CaCO_3$ sind die möglichen Reduktionsschritte geringer: 4.4% (HoneyBalls), 6.9% (ChocoBalls), 10.9% (HoneyPops) (jeweils ausgehend von ZAW 1).

Für die Direct-Expanded Cereals können aus Sicht einer stillen Reduktion beide betrachteten Varianten ($CaCO_3$ und Aroma) grundsätzlich empfohlen werden. Mit der Variante Aroma scheint innerhalb eines Anpassungsschrittes eine grössere Reduktion des zugesetzten Zuckers möglich und die Umsetzung ist einfacher als bei der Variante $CaCO_3$. Allerdings entstehen bei der Variante Aroma im Vergleich zur Variante $CaCO_3$ höhere Kosten (bei gleicher Zuckerreduktion).

Vergleich unterschiedlicher Zielgruppen

Weiterhin konnte bei der Betrachtung der Ergebnisse der nach Zielgruppen gesplitteten «A»-«not A»-Tests festgestellt werden, dass Frauen tendenziell bei mehr Tests signifikante Unterschiede gefunden haben im Vergleich zu Männern. D.h. Frauen scheinen sensitiver hinsichtlich der vorhandenen Unterschiede zu sein. Ein ähnliches Bild zeigt sich beim Vergleich Erwachsener mit Kindern im Haushalt und Erwachsener ohne Kinder im Haushalt: erstere erzielen mehr signifikante Ergebnisse und haben vermeintlich eine höhere Sensitivität. Betrachtet man die Ergebnisse der Zielgruppe «Kinder», die von allen Zielgruppen am wenigsten häufig signifikante Unterschiede zwischen der Standardprobe und den zuckerreduzierten Proben feststellen konnten, lässt dies vermuten, dass diese Zielgruppe weniger

sensitiv hinsichtlich der vorhandenen Unterschiede ist. Allerdings ist auch denkbar, dass die Kinder trotz Erläuterung und (im Vergleich zu den anderen Gruppen) intensiveren Betreuung Schwierigkeiten mit der Umsetzung des «A»-«not A»-Tests hatten. Diese Testmethodik setzt voraus, dass sich eine «A»-Probe eingeprägt wird und man die darauffolgenden Proben mit dieser Erinnerung vergleicht. Möglicherweise war diese kognitive Herausforderung für diese Zielgruppe zu anspruchsvoll.

Zeitintervalle

Hinsichtlich der Zeitintervalle, die zwischen den einzelnen Reduktionsschritten liegen sollten, wird eine Zeitspanne von einem halben bis zu einem Jahr empfohlen. Dabei ist die Zeitspanne nicht nur davon abhängig, wie lange es dauert, bis sich ein Konsument an ein neues Zuckerniveau gewöhnt hat, damit die nächste «stille» Reduktion durchgeführt werden kann, sondern auch von Faktoren bei den produzierenden Betrieben. Daher basiert die Empfehlung zum einen auf der technologischen Umsetzbarkeit (vgl. Bericht zur Literaturrecherche, Befragung von Experten) als auch auf Angaben aus der Literatur (Oliveira et al. 2016, de Oliveira Pineli et al. 2016, MacGregor und Hashem 2014) [1].

Wenn man beispielhaft die Reduktion des zugesetzten Zuckers bei den Flakes Nature (mittels Variante Kontrast, vgl. Tabelle 67) betrachtet, könnten innerhalb eines Jahres 4.6 g zugesetzter Zucker eingespart werden (von 25.4 g auf 20.8 g), in einem zweiten Schritt wiederum 4.6 g (von 20.8 g auf 16.2 g) und in einem dritten Schritt 2.1 g (von 16.2 g auf 14.1 g). Über drei Jahre könnte man so mit den entsprechenden Zwischenschritten den zugesetzten Zucker um 11.3 g pro 100 g Frühstückscerealien reduzieren. Setzt man diesen Wert in Relation mit den Verzehrsdaten der menuCH-Studie, heisst dies, dass der aktuelle Zuckerkonsum der Schweizer Bevölkerung innerhalb von drei Jahren pro Tag um 1.17 g gesenkt werden kann, unter der Annahme, dass pro Tag 10.4 g Frühstückscerealien (FSC) konsumiert werden (BLV 2017). Auch wenn dies eine relativ kleine Reduktion an zugesetztem Zucker ist, ist diese für Personen, die FSC in grossen Mengen konsumieren relevant. Mehr Relevanz könnte erreicht werden, wenn in mehreren Produktkategorien (z.B. FSC, Joghurt, Softdrinks, etc.) gleichzeitig Zuckerreduktionen stattfinden würden.

[1] Die aufgeführten Artikel beziehen sich auf Getränke (Orangennektar resp. Schokoladenmilch) resp. auf die Reduktion von Salz. Die Empfehlungen basieren grösstenteils auf Beobachtungen / Erfahrungen und sind nicht auf durchgeführte Studien zurückzuführen.

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung ... 13
2 Theorie ... 14
2.1 Zusammenfassung Literaturrecherche ... 14
2.2 Ansätze zur Zuckerreduktion und mögliche Umsetzung in Frühstückscerealien ... 16
2.2.1 Erhöhung Flockenanteil / Vorverkleisterung ... 16
2.2.2 Sensorischer Kontrast ... 16
2.2.3 Aroma ... 17
2.2.4 Calciumcarbonat ... 18
2.2.5 Lösliche Nahrungsfasern – Maltodextrin ... 18
2.3 Sensorik – «A»-«not A»-Test (ISO 8588, DIN 10972) ... 19
3 Material und Methoden ... 21
3.1 Herstellung Frühstückscerealien ... 21
3.1.1 Gebackene Sorten (Crunchy/Granola) ... 21
3.1.2 Flakes ... 30
3.1.3 Direct-Expanded Cereals ... 37
3.2 «A»-«not A»-Test (ISO 8588, DIN 10972) ... 45
3.2.1 Auswertung ... 47
3.3 Zuckeranalyse ... 48
3.4 Effektivität / Wirtschaftlichkeit / Umsetzbarkeit ... 48
4 Ergebnisse und Diskussion ... 49
4.1 Entwicklung Produktmuster ... 49
4.1.1 Gebackene Sorten (Crunchy/Granola) ... 49
4.1.2 Flakes ... 50
4.1.3 Direct-Expanded Cereals ... 51
4.2 Ergebnisse «A»-«not A»-Tests ... 53
4.2.1 Gebackene Sorten (Crunchy/Granola) ... 53
4.2.2 Flakes ... 66
4.2.3 Direct-Expanded Cereals ... 79
4.2.4 Reduktionsschritte ... 92

4.2.5 Vergleich unterschiedlicher Zielgruppen 94
4.3 Zeitintervalle 96
4.4 Zuckeranalysen 102
4.5 Effektivität / Wirtschaftlichkeit / Umsetzbarkeit 105
4.6 Produktsicherheit – Mikrobiologie und Haltbarkeit 110
5 Schlussfolgerung 111
5.1 Learnings 114
5.2 Ausblicke 115
Literaturverzeichnis 116
Abbildungsverzeichnis 121
Tabellenverzeichnis 121
Formelverzeichnis 123
Anhang 124

Abkürzungsverzeichnis

BLV	Bundesamt für Lebensmittelsicherheit und Veterinärwesen
$CaCO_3$	Calciumcarbonat
FSC	Frühstückscerealien
Red.	Reduktion
resp.	respektive
ZAW	Zuckerausgangswert
ZHAW	Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften

1 Einleitung

Es kommt zunehmend zu Krankheiten, welche unter anderem durch eine unausgewogene Ernährungsweise verursacht werden. Ein zu hoher Zuckerkonsum ist dabei ein entscheidender Faktor.

Ein Grund, weshalb die Schweiz mit der Erklärung von Mailand zur Zuckerreduktion in Joghurt und Frühstückscerealien (FSC) das Ziel verfolgt, den Zuckerkonsum der Bevölkerung zu senken. Laut dem aktuellsten Bericht des Bundesministeriums für Lebensmittelsicherheit und Veterinärwesen (BLV) zu zugesetztem Zucker in FSC beläuft sich der Anteil des zugesetzten Zuckers durchschnittlich auf 16.3 g pro 100 g. Dabei weist das Produkt mit dem tiefsten Gehalt 1.6 g zugesetzten Zucker auf und jenes mit dem höchsten Gehalt 43 g pro 100 g (Infanger 2018).

Im Zusammenhang mit der Erklärung von Mailand hat das BLV der Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaft (ZHAW) den Zuschlag für ein Projekt erteilt, eine Studie zur Zuckerreduktion in Frühstückscerealien durchzuführen, wobei neben den technologischen Möglichkeiten auch die sensorische Wahrnehmung der Zuckerreduktion durch Konsumenten[2] untersucht werden soll. Folgende Forschungsfragen sollen beantwortet werden:

1. Wie resp. mittels welcher Massnahmen kann der Gehalt an zugesetztem Zucker in Frühstückscerealien in relevantem Umfang gesenkt werden?
2. Wie hoch darf die Zuckerreduktion maximal und pro Anpassungsschritt sein, ohne dass Konsumenten und Konsumentinnen dies wahrnehmen?
3. In welchen Zeitintervallen können solche Reduktionsschritte umgesetzt / wiederholt werden?

Für die Beantwortung dieser Fragen werden auf Basis von Literaturrecherchen und Einbezug von Experten für die Produktgruppe der FSC in drei Kategorien (Gebackene Sorten, Flakes, Direct-Expanded Cereals) verschiedene zuckerreduzierte Produktmuster entwickelt und evaluiert.

Wichtig dabei ist, dass sich das gesamte Vorgehen im Projekt einerseits auf Recherchen und Erkenntnisse aus der Literatur stützt und andererseits wertvolle, bestehende Erfahrungen der Branche bei der Planung des Versuchsdesigns berücksichtigt. Auf dieser Basis können ganz gezielt Produktmuster entwickelt werden, welche in hohem Masse Potential haben für die beabsichtigte Zuckerreduktion geeignet zu sein. Die Verifizierung der Zuckerreduktionsschritte («stille» Reduktion) erfolgt zudem eng am Markt, indem Endkonsumenten der entsprechenden Zielgruppe für die sensorischen Prüfungen aus Konsumentensicht eingesetzt werden.

Als eine wichtige Voraussetzung für die Relevanz und spätere Umsetzbarkeit (d.h. auch den Erfolg) des ausgeschriebenen Forschungsprojekts, erfolgt im Projekt eine intensive und enge Zusammenarbeit mit Industriepartnern aus dem Bereich Herstellung und Vertrieb von Frühstückscerealien sowie den entsprechenden Rohstofflieferanten.

[2] In der folgenden Arbeit wird aus Gründen der besseren Lesbarkeit ausschliesslich die männliche Form verwendet. Sie bezieht sich auf Personen beiderlei Geschlechts.

2 Theorie

2.1 Zusammenfassung Literaturrecherche

Nachfolgend werden die wichtigsten Erkenntnisse aus der Literaturrecherche, welche für das Projekt relevant sind, zusammengefasst. Die Literaturrecherche wurde weitestgehend zu Projektbeginn durchgeführt. Der Gesamtbericht zur Literaturrecherche ist im Anhang A aufgeführt.

Die Literaturrecherche stellte sich als herausfordernd dar. Es wurden in allen Bereichen (Sensorik-basierte Möglichkeiten, technologische Möglichkeiten) kaum Studien gefunden, welche Frühstückscerealien behandeln, so dass auf andere Produktgruppen ausgewichen werden musste. Z. T. war es auch schwierig, Studien zu finden, die sich mit Zuckerreduktion beschäftigten, so dass hier Studien, welche die Reduktion anderer Inhaltsstoffe wie Salz oder Fett untersuchten, herangezogen wurden. Die Ergebnisse der Literaturrecherche stellen dennoch eine wichtige Basis für die Erstellung des Versuchsplans dar, wobei das Ziel des Projekts ist, die zu testenden Ansätze im Hinblick auf die produzierenden Betriebe so einfach und kostengünstig wie möglich zu halten.

Zuckerreduktion generell
Generell werden zur Reduktion von Zucker (und Salz) verschiedene Strategien vorgeschlagen, welche die Verwendung von Ersatzgeschmacksträgern, Zuckeraustauschstoffen und Geschmacksverstärkern, eine schrittweise Reduktion über die Zeit sowie die Modulierung der Geschmackswahrnehmung durch multisensorische Interaktion umfassen (Stieger und van de Velde 2013; DLG 2018). Weitere Strategien, um die Veränderungen an Geschmacksintensität durch die Zuckerreduktion zu kompensieren, basieren auf Modifikationen der Mikrostruktur der Lebensmittel (Stieger und van de Velde 2013).

Multisensorische Interaktion – Aroma
Eine in Frühstückscerealien denkbare Möglichkeit zur Zuckerreduktion ist der Einsatz von Aromastoffen. Dieser Ansatz zur Modulation der Süsswahrnehmung nutzt multisensorische Interaktionen zwischen Geruch / Aroma und Geschmack. So werden unterdrückende oder verstärkende Effekte beobachtet, wenn Stimuli aus verschiedenen Arten von sensorischen Qualitäten gleichzeitig präsentiert werden (Verhagen und Engelen 2006). Aromastoffe können verschiedene Geschmacksempfindungen verstärken oder abschwächen. Dies liegt jedoch nicht an einer chemischen Veränderung der Geschmacksstoffe, sondern vielmehr an den Erwartungen, die ein Geruch / Aroma beim Konsumenten hervorruft. Dabei lösen Aromastoffe, unabhängig davon ob sie ortho- oder retronasal wahrgenommen werden, denselben Effekt aus (Sakai et al. 2001). Weiter verstärkt ein bestimmter Aromastoff nicht unbedingt nur eine einzige Geschmacksqualität, Vanillearoma kann beispielsweise süss aber auch sauer verstärken (Valentin et al. 2006). Aus der Literatur geht hervor, dass auch Aromastoffe in nicht wahrnehmbarer Konzentration (unterschwellig) durch synergetische Effekte die Süssempfindung verstärken können (Dürrschmid 2009). Letzteres ist v.a. im Hinblick auf die geforderte «stille» Reduktion interessant.

Strukturelle Veränderungen – heterogene Verteilung süssschmeckender Substanzen
Auch das Konzept der heterogenen Verteilung der süssschmeckenden Substanzen in verschiedenen Schichten resp. Bestandteilen (Stichwort «Sensorischer Kontrast») im Produkt kann für die Zuckerreduktion in FSC in Betracht gezogen werden (Burseg et al. 2010a, Burseg et al. 2010b, Mosca et al. 2010, Mosca et al. 2012 ,Mosca et al. 2013). Bei einigen FSC, wie z.B. Knuspermüeslis mit getrockneten Früchten oder mit Schokolade, wird dieses Konzept wahrscheinlich bereits genutzt, ob wissentlich oder nicht. Eine weitere Möglichkeit ist das Coating in mehreren Schritten/Schichten durchzuführen und so diesen Ansatz auch bei gecoateten Produkten anzuwenden.

Technologische Herausforderungen
In den bisher aufgeführten Beispielen liegt der Fokus hauptsächlich auf der gleichbleibenden Intensität der Süsse. Dabei darf nicht vernachlässigt werden, dass der Zucker in FSC nicht nur als süssender Bestandteil dient, sondern auch als funktionelle Zutat, die wichtig für Bindung und Textur ist. Zucker wirkt als Feuchtigkeitsbarriere zwischen dem Produkt und der Atmosphäre und verlängert so die Haltbarkeit (Leistner 1992; Smith et al. 2004). Zudem verlängert Zucker in der Form eines Coatings bei Zugabe von Milch die Zeit bis zum (unerwünschten) Erweichen des Produktes (Sacchetti et al. 2003). Ausserdem fehlt nach Reduktion des Zuckeranteils ein bedeutender Anteil des Produktvolumens, da Zucker oft als günstiger Füllstoff eingesetzt wird. Dadurch ist die Reduktion von Zucker nicht nur eine geschmackliche, sondern auch technologische und wirtschaftliche Herausforderung in diesem Projekt.

Zuckerreduktion durch Nahrungsfasern
Eine Zuckerreduktion durch den Einsatz von Nahrungsfasern wurde in unterschiedlichen Studien bei verschiedenen Produkten untersucht. Der Einsatz von Nahrungsfasern dient insbesondere dem Ausgleich des Produktvolumens, das durch die Reduktion des Zuckergehaltes verkleinert wird. (Dutcosky et al. 2006, Kaur und Gupta 2002, Robin et al. 2012). Unlösliche Nahrungsfasern wie Kleie werden traditionell in Lebensmitteln wie Müesliriegeln, Brot, Teigwaren und Frühstückscerealien eingesetzt, jedoch ist die Menge aufgrund eines typischen «kartonähnlichen» Geschmackes sowie einer rauen Textur beschränkt. Lösliche Nahrungsfasern sind aufgrund ihres weniger prägnanten Geschmacks sowie der Vermeidung einer sandigen Textur von grossem Interesse. Ausserdem können lösliche Nahrungsfasern teilweise als Bindemittel, Verdickungsmittel oder zum Gelieren genutzt werden (Dutcosky et al. 2006).

Neben der Recherche zu Sensorik-basierten und technologischen Möglichkeiten der Zuckerreduktion umfasst die Literaturrecherche auch Studien zu der Grösse der Reduktionsschritte und den Zeitintervallen zwischen den einzelnen Reduktionsschritten. Diese werden in den entsprechenden Kapiteln 4.2.4 und 4.3 wieder aufgegriffen und mit den eigenen Erkenntnissen in Verbindung gesetzt.

2.2 Ansätze zur Zuckerreduktion und mögliche Umsetzung in Frühstückscerealien

Wie im Kapitel 2.1 dargestellt, gibt es verschiedene Möglichkeiten zugesetzten Zucker in Lebensmitteln zu reduzieren. In den nachfolgenden Abschnitten werden die für das Projekt in Betracht gezogenen Ansätze genauer erläutert (vgl. auch Anhang A «Bericht zur Literaturrecherche»).

2.2.1 Erhöhung Flockenanteil / Vorverkleisterung

Da Getreide, welches die Basis für die Produktion von FSC darstellt, Stärke enthält, könnte ein enzymatischer Stärkeabbau vor dem Verarbeitungsprozess ähnlich wie bei der Bierherstellung interessant sein (Meussdoerffer und Zarnkow 2016). Auch wenn so der Zuckergehalt nicht unbedingt gesenkt würde, könnte eventuell auf zugesetzte Zucker verzichtet werden.

Durch die Zugabe von Wasser zum Getreide und Erhitzung dieser Mischung (Vorverkleisterung) lässt sich ein Getreidebrei mit diesen Eigenschaften herstellen. Dies ist im Hinblick auf die Gebackenen Sorten (Crunchy, Granola) wichtig. Dort sind sogenannte «Cluster» produkttypisch. Zugesetzter Zucker spielt bei der Bildung und dem Zusammenhalt der Cluster eine wichtige Rolle. Diese Funktion des zugesetzten Zuckers könnte bei einer Zuckerreduktion durch die Vorverkleisterung des Getreides ersetzt werden.

2.2.2 Sensorischer Kontrast

Der Mensch ist als absolutes Messinstrument für Sinnesreize ungeeignet. So kann er kaum abschätzen, wie viel Zucker sich in einer Lösung befindet, wenn kein Anhaltspunkt gegeben ist. Die Stärken von Probanden liegen im Vergleichen bzw. im Feststellen von Unterschieden. So haben wir kaum Probleme damit zu erkennen, in welchem Kaffee mehr bzw. weniger Zucker ist. Dies kann aber vor allem bei einer quantitativen Beurteilung von Unterschieden zu Verzerrungen führen. Je nachdem womit eine Probe verglichen wird, wird sie im untersuchten Attribut als mehr oder weniger ausgeprägt wahrgenommen (Lawless und Heymann 2010). Die in Abbildung 3 dargestellten Kreise sollen diese kognitive Verzerrung, den sogenannten Kontrasteffekt, in visueller Form aufzeigen. So wirkt der mittlere Kreis links grösser als derjenige rechts, obschon beide gleich gross sind (Delboeuf-Täuschung). Aus Untersuchungen geht hervor, dass derselbe Effekt auch bei Geschmacks- oder Geruchsempfindungen auftritt (Burseg et al. 2010a, Burseg et al. 2010b).

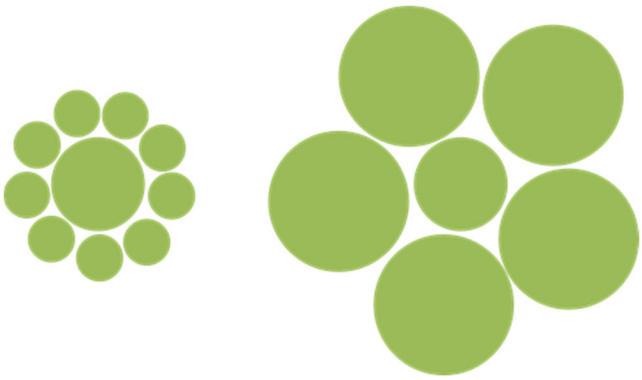

Abbildung 2: Visuelles Beispiel für den Kontrasteffekt (eigene Darstellung)

Mosca et al. (2010, 2012 und 2013) führten verschiedene Studien durch, um den Effekt, den eine inhomogene Verteilung von süssschmeckenden Substanzen auf die Wahrnehmung von Süsse durch die Verbraucher haben kann, zu untersuchen. In der Studie von 2013 folgerten Mosca et al., dass Produkte (hier: Gele, Brote, Würstchen), welche eine inhomogene Verteilung von süssen oder salzigen Geschmacksstoffen aufweisen eine höhere Geschmacksintensität (hinsichtlich der inhomogen verteilten Substanz) aufweisen und beliebter oder zumindest genauso beliebt sind wie Produkte, in denen Geschmacksstoffe homogen verteilt sind. In der Studie von 2010 schichteten Mosca et al. Lebensmittelgele mit verschiedenen Saccharose-Konzentrationen übereinander. Die Teilnehmer wurden dann gebeten, festzustellen, welche der Proben süsser waren. Obwohl alle Proben die gleiche Gesamtkonzentration an Zucker aufwiesen, zeigten die Proben, bei denen zwischen den Schichten ein steilerer Saccharose-Konzentrationsgradient herrschte, eine grössere Süsse-Wahrnehmung bei den Verbrauchern. Die Studie kam zu dem Schluss, dass eine inhomogene Verteilung von Saccharose genutzt werden kann, um den Saccharosegehalt um bis zu 20% zu reduzieren, ohne die Intensität der Süsse zu verringern (Mosca et al. 2010).

Das Konzept der Verteilung der süssschmeckenden Substanzen in verschiedenen Schichten resp. Bestandteilen im Produkt kann für die Zuckerreduktion in FSC in Betracht gezogen werden. Dieser Ansatz kann bei allen Kategorien der FSC (Gebackene Sorten, Flakes, Direct-Expanded Cereals) angewendet werden, allerdings je nach Kategorie in veränderter Umsetzung. So können bei den Gebackenen Sorten Cluster mit mehreren Schichten unterschiedlicher Süsse hergestellt werden. Bei den Flakes wäre die Mischung von süssen resp. weniger süssen Flakes eine Möglichkeit, um einen sensorischen Kontrast zu erzeugen. Bei den Direct-Expanded Cerealien ist ein Grossteil des zugesetzten Zuckers häufig im Coating enthalten. Hier wäre es denkbar, das Coating in mehreren Schritten/Schichten durchzuführen und so diesen Ansatz auch bei gecoateten Produkten zu testen.

2.2.3 Aroma

Es ist allgemein bekannt, dass Aroma- und Geschmackswahrnehmung miteinander interagieren und so bestimmte Assoziationen resp. Interaktionen hervorrufen (Rozin 1982, Stevenson et al. 1998, Sakai et al. 2001, Verhagen und Engelen 2006). Insbesondere Früchte wie Ananas, Kirsche, Himbeere, Erdbeere und Pfirsich verstärken die wahrgenommene Intensität von Zucker (Prescott 1999, Dürrschmid 2009). Auch Vanille und Karamell wird eine verstärkende Wirkung auf die Süsswahrnehmung zugeschrieben (Sakai et al. 2001, Stevenson et al. 1999).

Weiterhin geht aus der Literatur hervor, dass auch Aromastoffe in nicht wahrnehmbarer (unterschwelliger) Konzentration durch synergetische Effekte die Süssempfindung verstärken können (Labbe et al. 2007). Letzteres ist v.a. im Hinblick auf die geforderte «stille» Reduktion interessant.

Der Einsatz von Aromastoffen in einer Konzentration unterhalb des Schwellenwertes ist für alle Produktkategorien (Gebackene Sorten, Flakes und Direct-Expanded Cereals) und alle Geschmacksrichtungen geeignet, da diese Aromastoffe eben genau nicht wahrnehmbar sind, aber eine synergistische Wirkung entfalten können.

2.2.4 Calciumcarbonat

Durch einen Industriepartner ist die Idee aufgekommen, Calciumcarbonat zur Reduktion von zugesetztem Zucker einzusetzen. Verschiedene interne Studien des Industriepartners (u.a. mit Royal Icing, Cookies, Fettglasur) haben gezeigt, dass die Süsswahrnehmung trotz Zuckerreduktion durch den Einsatz von Calciumcarbonat nicht verändert wurde (L. Sharma, persönliche Kommunikation 19.07.2019). Ebenso konnte in einer Studie mit extrudierten Snacks (ohne Zuckerreduktion) beiläufig der Effekt einer verstärkten Süsswahrnehmung durch die Zugabe von Calciumcarbonat beobachtet werden (T. Budde, persönliche Kommunikation 15.11.2017). Die süss-verstärkende Wirkung von Calciumcarbonat wird auch durch eine Studie von Chang et al. (2014) belegt.

2.2.5 Lösliche Nahrungsfasern – Maltodextrin

Eine Zuckerreduktion durch den Einsatz von Nahrungsfasern wurde in unterschiedlichen Studien bei verschiedenen Produkten untersucht (Brennan et al. 2008, Gallagher et al. 2003, Koh et al. 2011, Savitha et al. 2008). Der Einsatz von Nahrungsfasern dient insbesondere dem Ausgleich des Produktvolumens, das durch die Reduktion des Zuckergehaltes verkleinert wird.

Für den Zuckerersatz in Frühstückscerealien ist Maltodextrin aufgrund der Gel bildenden Struktur interessant (Castro et al. 2016, Chronakis 1998), so kann der Clusterzusammenhalt und die Knusprigkeit allenfalls erhöht werden.

Maltodextrin ist eine Mischung aus unterschiedlich langen Ketten von Glucose-Monomeren. Die enthaltenen Kohlenhydrate können dabei als Monosaccharide, Disaccharide, Oligosaccharide und Polysaccharide vorliegen. Deren prozentuale Zusammensetzung kann sich für verschiedene Maltodextrin-Produkte unterscheiden.

Da Maltodextrin auch Mono- und Disaccharide enthält, die bei der Berechnung des zugesetzten Zuckers miteinbezogen werden müssen, unterscheidet sich – je nach der Zusammensetzung – folglich auch die effektive Zuckerreduktion. Maltodextrine, welche einen höheren Anteil an niedermolekularen Zuckern enthalten, d.h. stärker hydrolysiert sind, führen somit auch zu einem höheren Anteil an zugesetztem Zucker im Vergleich zu Maltodextrinen mit einem höheren Anteil an Polysacchariden.

2.3 Sensorik – «A»-«not A»-Test (ISO 8588, DIN 10972)

Grundlegend kann das Fachgebiet Lebensmittelsensorik in zwei Bereiche eingeteilt werden. Je nach Fragestellung werden die objektive sensorische Analyse und die subjektive hedonische Analyse unterschieden. Bei erstgenannter werden trainierte Prüfpersonen eingesetzt, letztere erfolgt mittels Einsatz von Konsumenten also untrainierten Laien.

Um zu überprüfen, ob eine Rezepturanpassung zu veränderten sensorischen Eigenschaften im Vergleich zum Standardprodukt führt, werden meist diskriminierende Prüfmethoden (Unterschiedsprüfungen) durchgeführt. Diese zählen zu den objektiven sensorischen Analysen. Wie der Name bereits sagt, ist es Ziel der Unterschiedsprüfungen festzustellen, ob zwischen zwei oder mehr Produkten wahrnehmbare Unterschiede existieren oder nicht. Art und Ausprägung des Unterschieds werden dabei in der Regel nicht erfasst.

Es gibt verschiedene diskriminierende Prüfmethoden aus welchen – je nach genauer Fragestellung (Prüfung auf Unterschied oder Prüfung auf Ähnlichkeit), Rahmenbedingungen, untersuchtem Produkt, etc. – die geeignetste gewählt werden kann (Rogers 2017). In der Praxis wird häufig die Dreiecksprüfung eingesetzt, da dieser aufgrund einer geringeren Ratewahrscheinlichkeit im Vergleich zu anderen üblichen Unterschiedsprüfungen eine höhere Aussagekraft («Power») bei gleicher Prüferanzahl hat. Weitere bekannte Prüfmethoden sind die paarweise Vergleichsprüfung (auch Duo-Test), die Duo-Trio-Prüfung oder die Rangordnungsprüfung. Auch der «A»-«not A»-Test («A»-«nicht A»-Prüfung) zählt zu den diskriminierenden Prüfmethoden und wird vor allem in der Qualitätssicherung eingesetzt.

Das Grundprinzip des «A»-«not A»-Tests besteht darin, dass die Prüfer zunächst ein Produkt «A» erhalten, mit welchem sie sich vertraut machen (ebenso können abhängig vom Ziel der Untersuchung «not A» Proben vor Testbeginn gereicht werden) (ISO 8588:2017, DIN 10972:2003). Anschliessend erhalten die Prüfer einzeln nacheinander mehrere Prüfproben (sequentiell-monadisch). Sobald die Evaluation der eigentlichen codierten Testproben beginnt, sollen die Prüfer keinen Zugriff mehr auf bekannte und entsprechend gekennzeichnete Proben haben.

Die sequentiell-monadische Präsentation der Testproben unterscheidet den «A»-«not A»-Test von den meisten anderen Unterschiedsprüfungen, bei denen die Proben gleichzeitig (simultan) gereicht werden. Hierdurch ist es beim «A»-«not A»-Test auch möglich Produkte mit geringen visuellen Unterschieden zu prüfen (Lawless und Heymann 2010). Durch die sequentiell-monadische Probendarreichung entspricht die Testsituation eher den realen Konsumbedingungen, da im Haushalt eher selten ein direkter (simultaner) Vergleich verschiedener FSC stattfindet, sondern der Vergleich auf der Erinnerung basiert.

Die einzelne Anzahl «A»-Proben resp. «not A»-Proben ist den Prüfern nicht bekannt und die Probenreihenfolge sollte randomisiert und von Prüfer zu Prüfer unterschiedlich sein. Dabei ist zu beachten, dass die Gesamtanzahl Proben für alle Prüfer gleich sein sollte (wobei die Anzahl «A»- resp. «not A»-Proben unterschiedlich sein kann).

Beim «A»-«not A»-Test ist es auch möglich mehrere «not A» Produkte im gleichen Test zu evaluieren. Hierbei muss aber natürlich beachtet werden, dass die Gesamtprobenzahl nicht zu gross sein sollte, um die sensorische Ermüdung der Prüfer zu vermeiden.

Für die Prüfer gelten die Anforderungen, dass alle die gleichen Voraussetzungen / Qualifikationen mitbringen und mit dem Ablauf des «A»-«not A»-Tests vertraut sind. Die Prüferanzahl sollte zwischen 10 und 50 liegen und ist abhängig vom Ziel der Untersuchung sowie vom benötigten Signifikanzniveau.

3 Material und Methoden

3.1 Herstellung Frühstückscerealien

In den nachfolgenden Unterkapiteln werden die Herstellungsprozesse der untersuchten Produktkategorien (Gebackene Sorten, Flakes, Direct-Expanded Cereals) erläutert. Die Herstellung der Gebackenen Sorten erfolgte durch die ZHAW, die der Flakes durch die Firma Schweizerische Schälmühle E. Zwicky AG (nachfolgend Zwicky) und die der Direct-Expanded Cereals durch die Firmen Cereal Partners Worldwide (nachfolgend CPW) und Globofood SA.

Die nachfolgende Tabelle 2 gibt eine Übersicht über die Produktkategorien, Geschmacksrichtungen und die entsprechenden Zuckerausgangswerte (ZAW). Diese Tabelle spiegelt den Gehalt an zugesetztem Zucker von auf dem Schweizer Markt erhältlichen Produkten wider (Stand Ende 2017) (Infanger 2018) und stellt den Ausgangspunkt für die Entwicklung der zuckerreduzierten Varianten dar. Ziel war es jeweils für den Zuckerausgangswert 1 drei verschiedene Ansätze zur Zuckerreduktion zu entwickeln und den vielversprechendsten Ansatz dann auf die anderen beiden Zuckerausgangswerte zu übertragen.

Tabelle 2: Übersicht Produkte und Zuckerausgangswerte

Kategorie	Sorte	Zuckerausgangswert (g)		
		1	2	3
Gebackene Sorten	Nature	20	17	14
	Frucht	20	15	10
	Schokolade	25	22	19
Flakes	Nature	25	20	15
	Frucht	15	10	---
	Schokolade	25	20	---
Direct-Expanded Cereals	Nature	35	25	15
	Frucht	---	---	---
	Schokolade	30	25	20

3.1.1 Gebackene Sorten (Crunchy/Granola)

Die Herstellung der Gebackenen Sorten erfolgte an der ZHAW im Backwarentechnikum. Die Rezepturen stammen von der Stadtmühle Schenk. Zur Etablierung und Optimierung der Produktion erfolgte im Backwarentechnikum ein Einführungstag mit einem Mitarbeitenden der Stadtmühle Schenk.

In Abbildung 3 ist der generelle Ablauf der Herstellung ersichtlich. Die weiteren Flussdiagramme sind im Anhang B zu finden.

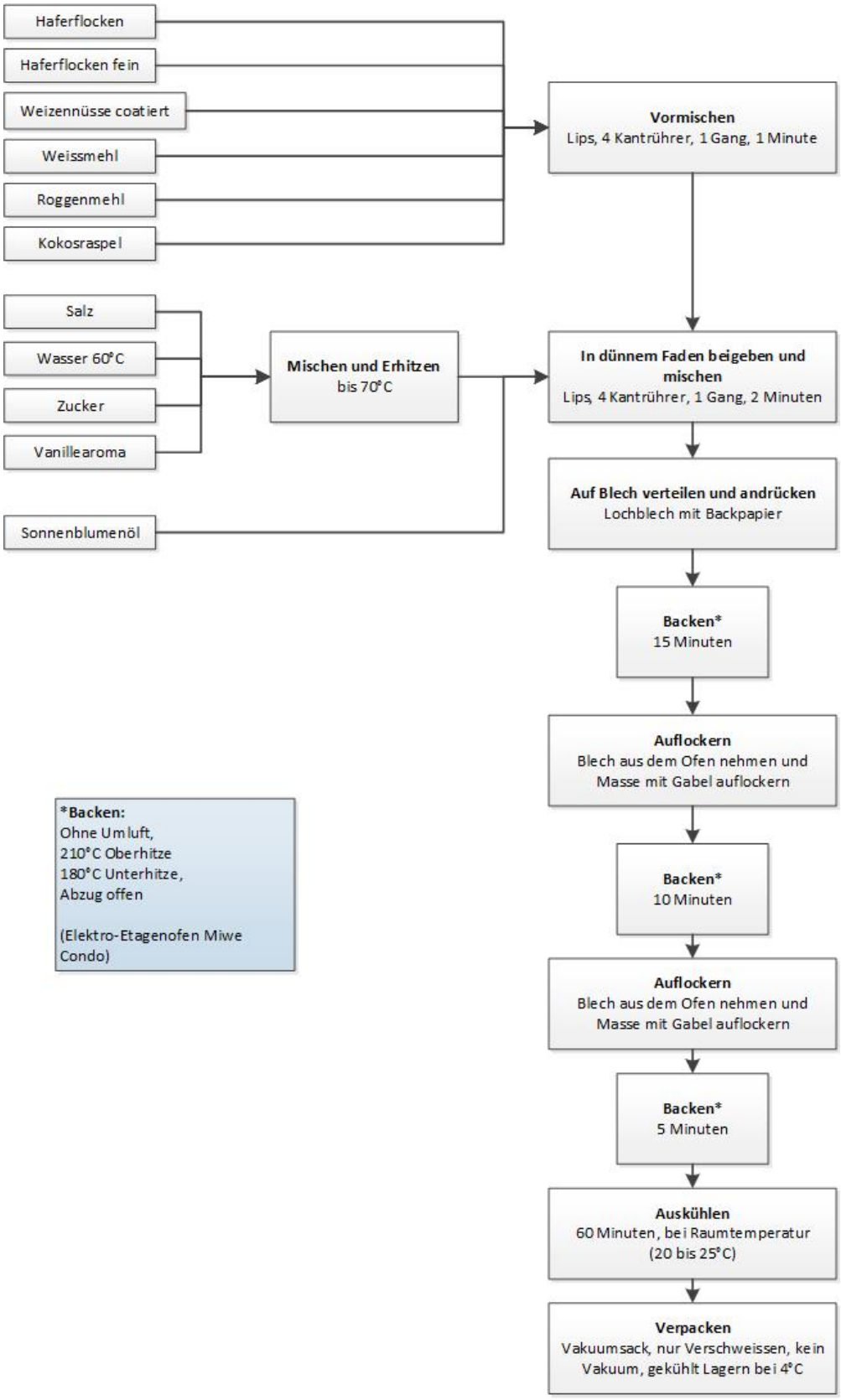

Abbildung 3: FlowChart Herstellung Gebackene Sorten

3.1.1.1 Nature

Wie in Tabelle 2 ersichtlich konnten für die Gebackenen Sorten Nature drei unterschiedliche Zuckerausgangswerte (20 g, 17 g, 14 g zugesetzter Zucker) definiert werden, die den jeweiligen Ausgangspunkt für die zuckerreduzierten Varianten darstellten. Für ZAW 1 (20 g) wurden drei verschiedene Ansätze zur Zuckerreduktion entwickelt und dann der vielversprechendste auf die ZAW 2 (17 g) und 3 (14 g) übertragen. Tabelle 3 zeigt die Rezepturen für das Standardprodukt ZAW 1 sowie die Rezepturen für die entsprechenden zuckerreduzierten Varianten. Folgende Ansätze zur Zuckerreduktion wurden untersucht: Zugabe Vorverkleisterung der Flocken (Variante «Vorverkleisterung», drei unterschiedlich grosse Reduktionsschritte), unterschiedlich süsse Schichten (Variante «Kontrast», zwei unterschiedliche grosse Reduktionsschritte) und Zugabe von Binder (Variante «Binder», drei unterschiedlich grosse Reduktionsschritte).

Tabelle 3: Rezepturen Gebackene Sorten Nature ZAW 1

Nature, ZAW 1 **Zutaten**	**Standard**	**Vorverkleisterung Red1**	**Vorverkleisterung Red2**	**Vorverkleisterung Red3**	**Binder Red1**	**Binder Red2**	**Binder Red3**	**Kontrast Red1[3]**	**Kontrast Red2[3]**
Haferflocken	40.0%	40.0%	41.0%	43.0%	37.0%	37.0%	37.0%	41.0%	41.7%
Haferflocken fein	14.3%	14.3%	15.3%	15.3%	14.3%	14.3%	14.3%	14.3%	15.3%
Weizennüsse coatiert	8.0%	8.0%	8.0%	8.0%	8.0%	8.0%	8.0%	8.0%	8.0%
Weissmehl	4.0%	4.0%	4.0%	4.0%	4.0%	4.0%	4.0%	4.0%	4.0%
Roggenmehl	3.0%	3.0%	3.0%	3.0%	3.0%	3.0%	3.0%	3.0%	3.0%
Kokosraspel	4.0%	4.0%	4.0%	4.0%	4.0%	4.0%	4.0%	4.0%	4.0%
Binder (Promitor)					4.0%	6.0%	8.0%		
Zucker	17.0%	16.0%	14.0%	12.0%	16.0%	14.0%	12.0%	16.0%	14.0%
Wasser (60°C)	7.0%	8.0%	8.0%	8.0%	7.0%	7.0%	7.0%	7.3%	7.3%
Salz	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%
Vanille-Aroma	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%
Sonnenblumenöl	2.5%	2.5%	2.5%	2.5%	2.5%	2.5%	2.5%	2.5%	2.5%
zugesetzter Zucker (berechnet)	21.5%	20.7%	18.6%	16.5%	20.9%	19.1%	17.2%	20.6%	18.5%
zugesetzter Zucker im Vergleich zum Standard	100.0%	96.2%	86.5%	76.8%	97.1%	88.5%	79.8%	95.5%	85.9%

Legende: Red = Reduktion

[3] Bei den Kontrastvarianten ist anzumerken, dass die hier dargestellten Zahlen ein berechneter Wert sind, da bei diesen Varianten Massen mit zwei unterschiedlichen Rezepturen in verschiedenen Verhältnissen miteinander gemischt resp. geschichtet wurden. Die Rezepturen sind in Anhang D ersichtlich.

Die nachfolgenden Tabelle 4 und Tabelle 5 zeigen die Rezepturen für das jeweilige Standardprodukt für ZAW 2 und ZAW 3 und die dazugehörigen zuckerreduzierten Varianten. Da die Variante «Binder» am vielversprechendsten war (vgl. Kapitel 4.2.1 ff), wurde, wie unter Kapitel 3.1 beschrieben, diese Variante fortgeführt.

Tabelle 4: Rezepturen Gebackene Sorten Nature ZAW 2

Nature, ZAW 2	**Standard**	**Binder Red1**	**Binder Red2**	**Binder Red3**
Zutaten				
Haferflocken	41.0%	41.0%	41.0%	41.0%
Haferflocken fein	15.3%	15.3%	15.3%	15.3%
Weizennüsse coatiert	8.0%	8.0%	8.0%	8.0%
Weissmehl	5.0%	5.0%	5.0%	5.0%
Roggenmehl	3.0%	3.0%	3.0%	3.0%
Kokosraspel	4.0%	4.0%	4.0%	4.0%
Binder (Promitor)		2.0%	3.0%	4.0%
Zucker	14.0%	12.0%	11.0%	10.0%
Wasser (60°C)	7.0%	7.0%	7.0%	7.0%
Salz	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%
Vanille-Aroma	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%
Sonnenblumenöl	2.5%	2.5%	2.5%	2.5%
zugesetzter Zucker (berechnet)	18.4%	16.6%	15.6%	14.7%
zugesetzter Zucker im Vergleich zum Standard	100.0%	89.9%	84.8%	79.8%

Legende: Red = Reduktion

Tabelle 5: Rezepturen Gebackene Sorten Nature ZAW 3

Nature, ZAW 3	**Standard**	**Binder Red1**	**Binder Red2**	**Binder Red3**
Zutaten				
Haferflocken	43.0%	43.0%	43.0%	43.0%
Haferflocken fein	16.3%	16.3%	16.3%	16.3%
Weizennüsse coatiert	8.0%	8.0%	8.0%	8.0%
Weissmehl	5.0%	5.0%	5.0%	5.0%
Roggenmehl	3.0%	3.0%	3.0%	3.0%
Kokosraspel	4.0%	4.0%	4.0%	4.0%
Binder (Promitor)		2.0%	3.0%	4.0%
Zucker	11.0%	9.0%	8.0%	7.0%
Wasser (60°C)	7.0%	7.0%	7.0%	7.0%
Salz	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%
Vanille-Aroma	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%
Sonnenblumenöl	2.5%	2.5%	2.5%	2.5%
zugesetzter Zucker (berechnet)	15.3%	13.3%	12.2%	11.1%
zugesetzter Zucker im Vergleich zum Standard	100.0%	86.5%	79.8%	73.0%

Legende: Red = Reduktion

3.1.1.2 Frucht

Wie in Tabelle 2 ersichtlich konnten für die Gebackenen Sorten Frucht drei unterschiedliche Zuckerausgangswerte (20 g, 15 g, 10 g zugesetzter Zucker) definiert werden, die den jeweiligen Ausgangspunkt für die zuckerreduzierten Varianten darstellten. Für ZAW 1 (20 g) wurden drei verschiedene Ansätze zur Zuckerreduktion entwickelt und dann der vielversprechendste auf die ZAW 2 (15 g) und 3 (10 g) übertragen. Tabelle 6 zeigt die Rezepturen für das Standardprodukt ZAW 1 sowie die Rezepturen für die entsprechenden zuckerreduzierten Varianten. Folgende Ansätze zur Zuckerreduktion wurden untersucht: Zugabe Vorverkleisterung der Flocken (Variante «Vorverkleisterung»), unterschiedlich süsse Schichten (Variante «Kontrast») und Zugabe von Binder (Variante «Binder»).

Tabelle 6: Rezepturen Gebackene Sorten Frucht ZAW 1

Frucht, ZAW 1 **Zutaten**	**Standard**	**Vorverkleisterung Red1**	**Vorverkleisterung Red2**	**Vorverkleisterung Red3**	**Binder Red1**	**Binder Red2**	**Binder Red3**	**Kontrast Red1**[3]	**Kontrast Red2**[3]
Haferflocken	38.0%	37.0%	38.0%	40.0%	35.0%	35.0%	35.0%	38.7%	39.7%
Haferflocken fein	13.1%	14.1%	14.1%	14.1%	13.1%	13.1%	13.1%	13.1%	14.1%
Weizennüsse coatiert	8.0%	8.0%	8.0%	8.0%	8.0%	8.0%	8.0%	8.0%	8.0%
Weissmehl	4.0%	4.0%	4.0%	4.0%	4.0%	4.0%	4.0%	4.0%	4.0%
Roggenmehl	3.0%	3.0%	3.0%	3.0%	3.0%	3.0%	3.0%	3.0%	3.0%
Kokosraspel	4.0%	4.0%	4.0%	4.0%	4.0%	4.0%	4.0%	4.0%	4.0%
Himbeeren, gefriergetrocknet	3.2%	4.2%	4.2%	4.2%	3.2%	3.2%	3.2%	3.2%	3.2%
Binder					4.0%	6.0%	8.0%		
Zucker	17.0%	16.0%	14.0%	12.0%	16.0%	14.0%	12.0%	16.0%	14.0%
Wasser (60°C)	7.0%	7.0%	8.0%	8.0%	7.0%	7.0%	7.0%	7.3%	7.3%
Salz	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%
Vanille-Aroma	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%
Sonnenblumenöl	2.5%	2.5%	2.5%	2.5%	2.5%	2.5%	2.5%	2.5%	2.5%
zugesetzter Zucker (berechnet)	21.6%	20.6%	18.8%	16.7%	21.0%	19.2%	17.3%	20.7%	18.6%
zugesetzter Zucker im Vergleich zum Standard	100.0%	95.4%	86.7%	77.1%	97.1%	88.5%	79.9%	95.5%	85.9%

Legende: Red = Reduktion

Die nachfolgenden Tabelle 7 und Tabelle 8 zeigen die Rezepturen für das jeweilige Standardprodukt für ZAW 2 und ZAW 3 und die dazugehörigen zuckerreduzierten Varianten. Da die Variante «Binder» am vielversprechendsten war (vgl. Kapitel 4.2.1 ff), wurde, wie unter Kapitel 3.1 beschrieben, diese Variante fortgeführt.

Tabelle 7: Rezepturen Gebackene Sorten Frucht ZAW 2

Frucht, ZAW 2	**Standard**	**Binder Red1**	**Binder Red2**	**Binder Red3**
Zutaten				
Haferflocken	42.0%	42.0%	42.0%	42.0%
Haferflocken fein	15.1%	15.1%	15.1%	15.1%
Weizennüsse coatiert	8.0%	8.0%	8.0%	8.0%
Weissmehl	4.0%	4.0%	4.0%	4.0%
Roggenmehl	3.0%	3.0%	3.0%	3.0%
Kokosraspel	4.0%	4.0%	4.0%	4.0%
Himbeeren, gefriergetrocknet	3.2%	3.2%	3.2%	3.2%
Binder		2.0%	3.0%	4.0%
Zucker	11.0%	9.0%	8.0%	7.0%
Wasser (60°C)	7.0%	7.0%	7.0%	7.0%
Salz	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%
Vanille-Aroma	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%
Sonnenblumenöl	2.5%	2.5%	2.5%	2.5%
zugesetzter Zucker (berechnet)	15.4%	13.6%	12.6%	11.7%
zugesetzter Zucker im Vergleich zum Standard	100.0%	87.9%	81.9%	75.9%

Legende: Red = Reduktion

Tabelle 8: Rezepturen Gebackene Sorten Frucht ZAW 3

Frucht, ZAW 3	**Standard**	**Binder Red1**	**Binder Red2**	**Binder Red3**
Zutaten				
Haferflocken	44.0%	44.0%	44.0%	44.0%
Haferflocken fein	17.1%	17.1%	17.1%	17.1%
Weizennüsse coatiert	6.0%	6.0%	6.0%	6.0%
Weissmehl	4.0%	4.0%	4.0%	4.0%
Roggenmehl	3.0%	3.0%	3.0%	3.0%
Kokosraspel	4.0%	4.0%	4.0%	4.0%
Himbeeren, gefriergetrocknet	4.2%	3.2%	3.2%	3.2%
Binder		2.0%	3.0%	4.0%
Zucker	8.0%	6.0%	5.0%	4.0%
Wasser (60°C)	7.0%	7.0%	7.0%	7.0%
Salz	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%
Vanille-Aroma	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%
Sonnenblumenöl	2.5%	2.5%	2.5%	2.5%
zugesetzter Zucker (berechnet)	11.4%	9.6%	8.6%	7.7%
zugesetzter Zucker im Vergleich zum Standard	100.0%	83.7%	75.6%	67.4%

Legende: Red = Reduktion

3.1.1.3 Schokolade

Wie in Tabelle 2 ersichtlich konnten für die Gebackenen Sorten Schokolade drei unterschiedliche Zuckerausgangswerte (25 g, 22 g, 19 g zugesetzter Zucker) definiert werden, die den jeweiligen Ausgangspunkt für die zuckerreduzierten Varianten darstellten. Für ZAW 1 (25 g) wurden drei verschiedene Ansätze zur Zuckerreduktion entwickelt und dann der vielversprechendste auf die ZAW 2 (22 g) und 3 (19 g) übertragen. Tabelle 9 zeigt die Rezepturen für das Standardprodukt ZAW 1 sowie die Rezepturen für die entsprechenden zuckerreduzierten Varianten. Folgende Ansätze zur Zuckerreduktion wurden untersucht: Zugabe Vorverkleisterung der Flocken (Variante «Vorverkleisterung»), unterschiedlich süsse Schichten (Variante «Kontrast») und Zugabe von Binder (Variante «Binder»).

Tabelle 9: Rezepturen Gebackene Sorten Schokolade ZAW 1

Schokolade, ZAW 1 **Zutaten**	**Standard**	**Vorverkleisterung Red1**	**Vorverkleisterung Red2**	**Vorverkleisterung Red3**	**Binder Red1**	**Binder Red2**	**Binder Red3**	**Kontrast Red1**[3]	**Kontrast Red2**[3]
Haferflocken	36.0%	37.0%	38.0%	39.0%	36.0%	36.0%	36.0%	38.7%	39.7%
Haferflöckli	10.1%	11.1%	11.1%	11.1%	10.1%	10.1%	10.1%	11.4%	12.4%
Weizennüsse coatiert	4.0%	4.0%	4.0%	4.0%	4.0%	4.0%	4.0%	4.0%	4.0%
Weissmehl	4.0%	4.0%	4.0%	4.0%	4.0%	4.0%	4.0%	4.0%	4.0%
Roggenmehl	3.0%	3.0%	3.0%	3.0%	3.0%	3.0%	3.0%	3.0%	3.0%
Kokosraspel	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%
Kakaopulver	3.2%	4.2%	4.2%	4.2%	3.2%	3.2%	3.2%	3.2%	3.2%
Schokostückchen	8.0%	8.0%	8.0%	8.0%	8.0%	8.0%	8.0%	8.0%	8.0%
Zucker	20.0%	17.0%	15.0%	13.0%	17.0%	15.0%	13.0%	16.0%	14.0%
Wasser (60°C)	7.0%	7.0%	8.0%	9.0%	7.0%	7.0%	7.0%	7.0%	7.0%
Salz	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%
Vanille-Aroma	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%
Binder					3.0%	5.0%	7.0%		
Sonnenblumenöl	2.5%	2.5%	2.5%	2.5%	2.5%	2.5%	2.5%	2.5%	2.5%
zugesetzter Zucker (berechnet)	26.6%	23.5%	21.6%	19.8%	24.8%	21.9%	20.1%	22.4%	20.4%
zugesetzter Zucker im Vergleich zum Standard	100.0%	88.3%	81.4%	74.4%	89.5%	82.5%	75.5%	84.4%	76.6%

Legende: Red = Reduktion

Die nachfolgenden Tabelle 10 und Tabelle 11 zeigen die Rezepturen für das jeweilige Standardprodukt für ZAW 2 und ZAW 3 und die dazugehörigen zuckerreduzierten Varianten. Da die Variante «Binder» am vielversprechendsten war (vgl. Kapitel 4.2.1 ff), wurde, wie unter Kapitel 3.1 beschrieben, diese Variante fortgeführt.

Tabelle 10: Rezepturen Gebackene Sorten Schokolade ZAW 2

Schokolade, ZAW 2	Standard	Binder Red1	Binder Red2	Binder Red3
Zutaten				
Haferflocken	38.0%	38.0%	38.0%	38.0%
Haferflöckli	11.1%	11.1%	11.1%	11.1%
Weizennüsse coatiert	4.0%	4.0%	4.0%	4.0%
Weissmehl	4.0%	4.0%	4.0%	4.0%
Roggenmehl	3.0%	3.0%	3.0%	3.0%
Kokosraspel	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%
Kakaopulver	3.2%	3.2%	3.2%	3.2%
Schokostückchen	8.0%	8.0%	8.0%	8.0%
Zucker	17.0%	15.0%	14.0%	13.0%
Wasser (60°C)	7.0%	7.0%	7.0%	7.0%
Salz	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%
Vanille-Aroma	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%
Binder		2.0%	3.0%	4.0%
Sonnenblumenöl	2.5%	2.5%	2.5%	2.5%
zugesetzter Zucker (berechnet)	23.5%	21.6%	20.7%	19.7%
zugesetzter Zucker im Vergleich zum Standard	100.0%	92.1%	88.1%	84.1%

Legende: Red = Reduktion

Tabelle 11: Rezepturen Gebackene Sorten Schokolade ZAW 3

Schokolade, ZAW 3	Standard	Binder Red1	Binder Red2	Binder Red3
Zutaten				
Haferflocken	39.0%	39.0%	39.0%	39.0%
Haferflöckli	12.1%	12.1%	12.1%	12.1%
Weizennüsse coatiert	4.0%	4.0%	4.0%	4.0%
Weissmehl	4.0%	4.0%	4.0%	4.0%
Roggenmehl	3.0%	3.0%	3.0%	3.0%
Kokosraspel	3.0%	3.0%	3.0%	3.0%
Kakaopulver	3.2%	3.2%	3.2%	3.2%
Schokostückchen	8.0%	8.0%	8.0%	8.0%
Zucker	14.0%	12.0%	11.0%	10.0%
Wasser (60°C)	7.0%	7.0%	7.0%	7.0%
Salz	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%
Vanille-Aroma	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%
Binder		2.0%	3.0%	4.0%
Sonnenblumenöl	2.5%	2.5%	2.5%	2.5%
zugesetzter Zucker (berechnet)	20.4%	18.6%	17.6%	16.7%
zugesetzter Zucker im Vergleich zum Standard	100.0%	90.9%	86.3%	81.8%

Legende: Red = Reduktion

3.1.1.4 Bestimmung a_W-Wert und Wassergehalt bei den Gebackenen Sorten

Im Rahmen der Entwicklung der Produktmuster für die Gebackenen Sorten wurden für die produzierten Cerealien Wassergehalt und a_W-Wert bestimmt. Für beide Analysen wurden Cerealien-Proben ohne Schokoladenstückchen oder Fruchtbestandteile verwendet.

Für die Bestimmung des Wassergehalts wurden Cerealien-Proben in Aluminiumschalen, deren Tara vorgängig bestimmt wurde, auf 0.001 g genau eingewogen (Analyse-Waage Classic, Mettler Toledo). Die Proben wurden bei 100°C getrocknet (Trockenschrank Typ UT 5060 E, Heraeus) und erneut ausgewogen. Der Wassergehalt wurde über die Differenz berechnet.

Für die a_W-Wert-Bestimmung wurden die Cerealien-Proben zerkleinert. Anschliessend wurde der a_W-Wert mittels LabMaster-a_w der Novasina AG bestimmt.

3.1.2 Flakes

Die Herstellung der Flakes erfolgte durch die Firma Zwicky. Die Flakes wurden mittels Extrusion produziert. Die nachfolgende Abbildung 4 zeigt den generellen Herstellungsprozess, welcher für alle drei Geschmackssorten identisch war.

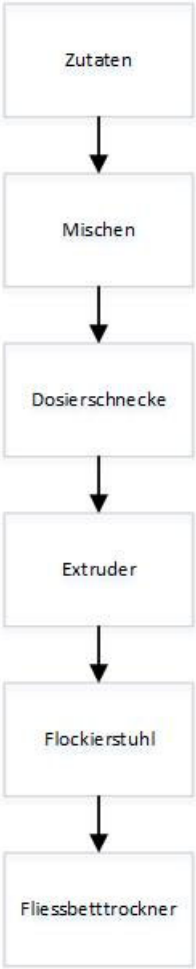

Abbildung 4: FlowChart Herstellung Flakes (modifiziert nach B. Menge, persönliche Kommunikation 18.07.2019)

3.1.2.1 Nature

Wie in Tabelle 2 ersichtlich konnten für die Flakes Nature drei unterschiedliche Zuckerausgangswerte (25 g, 20 g, 15 g zugesetzter Zucker) definiert werden, die den jeweiligen Ausgangspunkt für die zuckerreduzierten Varianten darstellten. Da der Zuckergehalt des Ausgangsprodukts von Zwicky in der mittleren Kategorie anzusiedeln ist, wurden für den ZAW 2 (20 g) drei verschiedene Ansätze zur Zuckerreduktion entwickelt und dann der vielversprechendste auf die ZAW 1 (25 g) und 3 (15 g) übertragen. Tabelle 12 zeigt die Rezepturen für das Standardprodukt ZAW 2 sowie die Rezepturen für die entsprechenden zuckerreduzierten Varianten. Folgende Ansätze zur Zuckerreduktion wurden untersucht: Zugabe von Calciumcarbonat und Binder (Variante «$CaCO_3$»), Mischung von «süssen» und

«nicht-süssen» Flakes (Variante «Kontrast») und Zugabe von Vanille Aroma und Binder (Variante «Aroma»).

Tabelle 12: Rezepturen Flakes Nature ZAW 2

Nature, ZAW 2 **Zutaten**	**Standard**	**$CaCO_3$ Red1**	**$CaCO_3$ Red2**	**Kontrast Red1[4]**	**Kontrast Red2[4]**	**Aroma Red1**	**Aroma Red2**
4-Kornmehl (Gerste, Roggen, Weizen, Hafer)	54.00 %	54.00 %	54.00 %	55.80 %	56.25 %	54.00 %	54.00 %
Gerstenmehl	24.00 %	24.00 %	24.00 %	25.80 %	26.25 %	24.00 %	24.00 %
Kristallzucker	13.00 %	10.00 %	6.75 %	9.40 %	8.50 %	10.90 %	7.65 %
Malzpulver	5.00 %	5.00 %	5.00 %	5.00 %	5.00 %	5.00 %	5.00 %
Bio Birnel Knospe	4.00 %	4.00 %	4.00 %	4.00 %	4.00 %	4.00 %	4.00 %
Calciumcarbonat		1.00 %	1.00 %				
Binder (Promitor)		2.00 %	5.25 %			2.00 %	5.25 %
Vanille Aroma						0.10 %	0.10 %
zugesetzter Zucker (berechnet)	20.43 %	17.63 %	14.71 %	16.83 %	15.93 %	18.33 %	15.08 %
zugesetzter Zucker im Vergleich zum Standard	100.00 %	86.29 %	71.99 %	82.38 %	77.97 %	89.72 %	73.81 %

Legende: Red = Reduktion

Die nachfolgenden Tabelle 13 und Tabelle 14 zeigen die Rezepturen für das jeweilige Standardprodukt für ZAW 1 und ZAW 3 und die dazugehörigen zuckerreduzierten Varianten. Da die Variante «Kontrast» am vielversprechendsten war (vgl. Kapitel 4.2.2 ff), wurde, wie unter Kapitel 3.1 beschrieben, diese Variante fortgeführt.

Tabelle 13: Rezepturen Flakes Nature ZAW 1

Nature, ZAW 1 **Zutaten**	**Standard**	**Kontrast Red1[4]**	**Kontrast Red2[4]**
4-Kornmehl (Gerste, Roggen, Weizen, Hafer)	53.00 %	54.00 %	54.50 %
Gerstenmehl	20.00 %	22.00 %	23.00 %
Kristallzucker	18.00 %	15.00 %	13.50 %
Malzpulver	5.00 %	5.00 %	5.00 %
Bio Birnel Knospe	4.00 %	4.00 %	4.00 %
Calciumcarbonat			
Binder (Promitor)			
Vanille Aroma			
zugesetzter Zucker (berechnet)	25.43 %	22.43 %	20.93 %
zugesetzter Zucker im Vergleich zum Standard	100.00 %	88.20 %	82.30 %

Legende: Red = Reduktion

[4] Bei den Kontrastvarianten ist anzumerken, dass die hier dargestellten Zahlen ein berechneter Wert ist, da bei diesen Varianten Flakes mit zwei unterschiedlichen Rezepturen in verschiedenen Verhältnissen miteinander gemischt wurden. Die Rezepturen sind in Anhang D ersichtlich.

Tabelle 14: Rezepturen Flakes Nature ZAW 3

Nature, ZAW 3	**Standard**	**Kontrast Red1**[4]	**Kontrast Red2**[4]
Zutaten			
4-Kornmehl (Gerste, Roggen, Weizen, Hafer)	58.00 %	58.33 %	58.67 %
Gerstenmehl	25.00 %	25.67 %	26.33 %
Kristallzucker	8.00 %	7.00 %	6.00 %
Malzpulver	5.00 %	5.00 %	5.00 %
Bio Birnel Knospe	4.00 %	4.00 %	4.00 %
Calciumcarbonat			
Binder (Promitor)			
Vanille Aroma			
zugesetzter Zucker (berechnet)	15.43 %	14.43 %	13.43 %
zugesetzter Zucker im Vergleich zum Standard	100.00 %	93.52 %	87.04 %

Legende: Red = Reduktion

3.1.2.2 Frucht

Wie in Tabelle 2 ersichtlich konnten für die Flakes Frucht nur zwei unterschiedliche Zuckerausgangswerte (15 g, 10 g zugesetzter Zucker) definiert werden, die den jeweiligen Ausgangspunkt für die zuckerreduzierten Varianten darstellten. Daher wurden hier zwei der drei Ansätze weitergeführt. Das Ausgangsprodukts von Zwicky weist in etwa 15 g zugesetzten Zucker auf, d.h. es wurden für den ZAW 1 (15 g) drei verschiedene Ansätze zur Zuckerreduktion entwickelt und dann die zwei vielversprechendsten auf ZAW 2 (10 g) übertragen. Tabelle 15 zeigt die Rezepturen für das Standardprodukt ZAW 1 sowie die Rezepturen für die entsprechenden zuckerreduzierten Varianten. Folgende Ansätze zur Zuckerreduktion wurden untersucht: Zugabe von Calciumcarbonat und Binder (Variante «$CaCO_3$»), Mischung von «süssen» und «nicht-süssen» Flakes (Variante «Kontrast») und Zugabe von Vanille-Aroma und Binder (Variante «Aroma»).

Tabelle 15: Rezepturen Flakes Frucht ZAW 1

Frucht, ZAW 1 **Zutaten**	**Standard**	**$CaCO_3$ Red1**	**$CaCO_3$ Red2**	**Kontrast Red1**[4]	**Kontrast Red2**[4]	**Aroma Red1**	**Aroma Red2**
Hirse	62.70 %	62.70 %	62.70 %	63.30 %	63.45 %	62.70 %	62.70 %
Kristallzucker	13.00 %	10.00 %	6.75 %	9.40 %	8.50 %	10.90 %	7.65 %
Hirseschalen	6.00 %	6.00 %	6.00 %	6.00 %	6.00 %	6.00 %	6.00 %
Maisdunst	5.50 %	5.50 %	5.50 %	5.50 %	5.50 %	5.50 %	5.50 %
Reismehl	4.30 %	4.30 %	4.30 %	5.50 %	5.80 %	4.30 %	4.30 %
Beerenmix	3.00 %	3.00 %	3.00 %	4.20 %	4.50 %	3.00 %	3.00 %
Randen Pulver	2.00 %	2.00 %	2.00 %	2.60 %	2.75 %	2.00 %	2.00 %
Maisstärke	2.00 %	2.00 %	2.00 %	2.00 %	2.00 %	2.00 %	2.00 %
Speisesalz ohne Jod	1.00 %	1.00 %	1.00 %	1.00 %	1.00 %	1.00 %	1.00 %
Zitronensäure	0.50 %	0.50 %	0.50 %	0.50 %	0.50 %	0.50 %	0.50 %
Calciumcarbonat		1.00 %	1.00 %				
Binder (Promitor)		2.00 %	5.25 %			2.00 %	5.25 %
Vanille Aroma						0.10 %	0.10 %
zugesetzter Zucker (berechnet)	15.10 %	12.30 %	9.38 %	12.34 %	11.65 %	13.20 %	10.28 %
zugesetzter Zucker im Vergleich zum Standard	100.00 %	81.46 %	62.09 %	81.72 %	77.15 %	87.42 %	68.05 %

Legende: Red = Reduktion

Die nachfolgende Tabelle 16 zeigt die Rezepturen für das Standardprodukt für ZAW 2 und die dazugehörigen zuckerreduzierten Varianten. Da die Varianten «Kontrast» und «Aroma» am vielversprechendsten waren (vgl. Kapitel 4.2.2 ff), wurden diese Varianten fortgeführt.

Tabelle 16: Rezepturen Flakes Frucht ZAW 2

Frucht, ZAW 2 **Zutaten**	**Standard**	**Kontrast Red1**[4]	**Kontrast Red2**[4]	**Aroma Red1**	**Aroma Red2**
Hirse	63.70 %	63.70 %	63.70 %	63.70 %	63.70 %
Kristallzucker	9.00 %	8.00 %	7.00 %	6.90 %	4.90 %
Hirseschalen	6.00 %	6.00 %	6.00 %	6.00 %	6.00 %
Maisdunst	5.50 %	5.50 %	5.50 %	5.50 %	5.50 %
Reismehl	6.30 %	6.63 %	6.97 %	6.30 %	6.30 %
Beerenmix	3.00 %	3.67 %	4.33 %	3.00 %	3.00 %
Randen Pulver	3.00 %	3.00 %	3.00 %	3.00 %	3.00 %
Maisstärke	2.00 %	2.00 %	2.00 %	2.00 %	2.00 %
Speisesalz ohne Jod	1.00 %	1.00 %	1.00 %	1.00 %	1.00 %
Zitronensäure	0.50 %	0.50 %	0.50 %	0.50 %	0.50 %
Calciumcarbonat					
Binder (Promitor)				2.00 %	4.00 %
Vanille Aroma				0.10 %	0.10 %
zugesetzter Zucker (berechnet)	11.10 %	10.57 %	10.03 %	9.20 %	7.40 %
zugesetzter Zucker im Vergleich zum Standard	100.00 %	95.20 %	90.39 %	82.88 %	66.67 %

Legende: Red = Reduktion

3.1.2.3 Schokolade

Wie in Tabelle 2 ersichtlich konnten für die Flakes Schokolade – wie bei den Flakes Frucht – nur zwei unterschiedliche Zuckerausgangswerte (25 g, 20 g zugesetzter Zucker) definiert werden, die den jeweiligen Ausgangspunkt für die zuckerreduzierten Varianten darstellten. Daher wurden hier zwei der drei Ansätze weitergeführt. Der Zuckergehalt des Ausgangsprodukts von Zwicky ist in der niedrigeren Kategorie anzusiedeln, d.h. es wurden für den ZAW 2 (20 g) drei verschiedene Ansätze zur Zuckerreduktion entwickelt und dann die zwei vielversprechendsten auf ZAW 1 (25 g) übertragen.

Tabelle 17 zeigt die Rezepturen für das Standardprodukt ZAW 2 sowie die Rezepturen für die entsprechenden zuckerreduzierten Varianten. Folgende Ansätze zur Zuckerreduktion wurden untersucht: Zugabe von Calciumcarbonat und Binder (Variante «CaCO3»), Mischung von «süssen» und «nicht-süssen» Flakes (Variante «Kontrast») und Zugabe von Vanille Aroma und Binder (Variante «Aroma»).

Tabelle 17: Rezepturen Flakes Schokolade ZAW 2

Schokolade, ZAW 2 **Zutaten**	**Standard**	**$CaCO_3$ Red1**	**$CaCO_3$ Red2**	**Kontrast Red1**[4]	**Kontrast Red2**[4]	**Aroma Red1**	**Aroma Red2**
Hirse	61.50 %	61.50 %	61.50 %	64.50 %	65.25 %	61.50 %	61.50 %
Kristallzucker	20.00 %	17.00 %	13.75 %	14.00 %	12.50 %	17.50 %	14.25 %
Hirseschalen	6.00 %	6.00 %	6.00 %	6.00 %	6.00 %	6.00 %	6.00 %
Kakaopulver	6.00 %	6.00 %	6.00 %	7.20 %	7.50 %	6.00 %	6.00 %
Reismehl	4.00 %	4.00 %	4.00 %	5.20 %	5.50 %	4.00 %	4.00 %
Maisdunst	2.00 %	2.00 %	2.00 %	2.60 %	2.75 %	2.00 %	2.00 %
Speisesalz ohne Jod	0.50 %	0.50 %	0.50 %	0.50 %	0.50 %	0.90 %	0.90 %
Calciumcarbonat		1.00 %	1.00 %				
Binder (Promitor)		2.00 %	5.25 %			2.00 %	5.25 %
Vanille Aroma						0.10 %	0.10 %
zugesetzter Zucker (berechnet)	20.18 %	17.38 %	14.46 %	14.22 %	12.73 %	17.88 %	14.96 %
zugesetzter Zucker im Vergleich zum Standard	100.00 %	86.12 %	71.63 %	70.45 %	63.06 %	88.60 %	74.11 %

Legende: Red = Reduktion

Die nachfolgende Tabelle 18 zeigt die Rezepturen für das Standardprodukt für ZAW 1 und die dazugehörigen zuckerreduzierten Varianten. Da die Varianten «Calciumcarbonat» und «Kontrast» am vielversprechendsten waren (vgl. Kapitel 4.2.2 ff), wurden diese Varianten fortgeführt.

Tabelle 18: Rezepturen Flakes Schokolade ZAW 1

Schokolade, ZAW 1 **Zutaten**	**Standard**	**$CaCO_3$ Red1**	**$CaCO_3$ Red2**	**Kontrast Red1**[4]	**Kontrast Red2**[4]
Hirse	57.50 %	57.50 %	57.50 %	57.50 %	57.50 %
Kristallzucker	25.00 %	22.00 %	19.00 %	22.00 %	20.50 %
Hirseschalen	6.00 %	6.00 %	6.00 %	6.00 %	6.00 %
Kakaopulver	6.00 %	6.00 %	6.00 %	7.00 %	7.50 %
Reismehl	3.00 %	3.00 %	3.00 %	4.50 %	5.25 %
Maisdunst	2.00 %	2.00 %	2.00 %	2.50 %	2.75 %
Speisesalz ohne Jod	0.50 %	0.50 %	0.50 %	0.50 %	0.50 %
Calciumcarbonat		1.00 %	1.00 %		
Binder (Promitor)		2.00 %	5.00 %		
Vanille Aroma					
zugesetzter Zucker (berechnet)	25.18 %	22.38 %	19.68 %	22.21 %	20.73 %
zugesetzter Zucker im Vergleich zum Standard	100.00 %	88.88 %	78.16 %	88.20 %	82.31 %

3.1.3 Direct-Expanded Cereals

Anders als bei den Gebackenen Sorten und den Flakes, bei denen es jeweils drei Sorten (Natur, Frucht, Schokolade) gab, waren es bei den Direct-Expanded Cereals nur zwei Geschmacksrichtungen (Natur, Schokolade). Stattdessen wurde die Geschmacksrichtung Natur (unter die auch Produkte mit Bezeichnung «Honig» gezählt wurden) in zwei verschiedenen Ausführungen untersucht: einmal mit Extrudaten («Balls») als Basis und einmal mit gepufftem Hartweizen («Pops») als Basis.

Die Herstellung der Direct-Expanded Cereals HoneyBalls und ChocoBalls erfolgte durch CPW und Globofood SA, wobei CPW die Basis produzierte und Globofood SA für das Coating verantwortlich war. Bei den HoneyPops wurde gepuffter Hartweizen von der Firma Kentaur bezogen und das Coating erfolgte wiederum durch Globofood SA.

Die Basis der HoneyBalls resp. ChocoBalls waren kugelförmige Extrudate. Abbildung 5 zeigt den generellen Herstellungsprozess, welcher für beide Geschmackssorten identisch war. Die Rezepturen sind in den entsprechenden Unterkapiteln ersichtlich.

Der gepuffte Hartweizen wurde im Projekt nicht selbst hergestellt, die Spezifikation ist im Anhang C ersichtlich.

Der Coating-Prozess ist in Abbildung 6 dargestellt, die Rezepturen sind in den nachfolgenden Unterkapiteln aufgeführt.

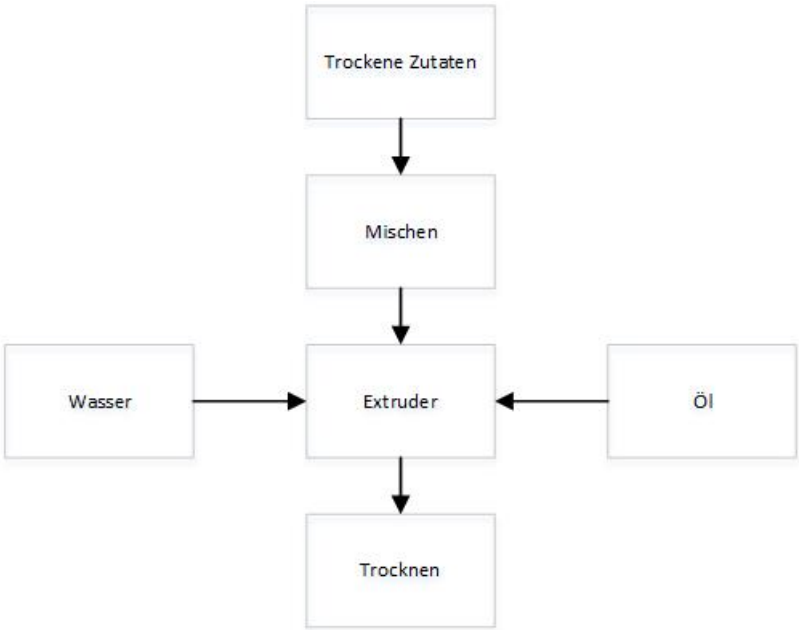

Abbildung 5: FlowChart Herstellung Basis Extrudate Direct-Expanded Cereals (modifiziert nach D. Adeline, persönliche Kommunikation am 22.08.2019)

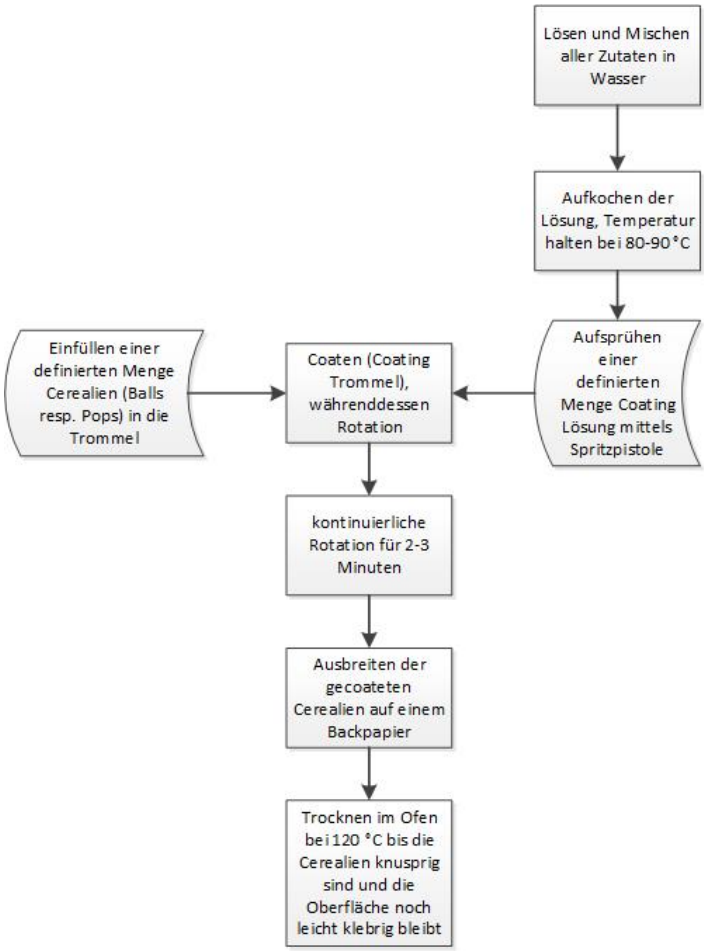

Abbildung 6: FlowChart Coating Direct-Expanded Cereals

3.1.3.1 HoneyBalls (Direct-Expanded Cereals Nature)

Wie in Tabelle 2 ersichtlich konnten für die Direct-Expanded Cereals Nature drei unterschiedliche Zuckerausgangswerte (35 g, 25 g, 15 g zugesetzter Zucker) definiert werden, die den jeweiligen Ausgangspunkt für die zuckerreduzierten Varianten darstellten.

Zwei verschiedene Ansätze zur Zuckerreduktion wurden ausgehend vom ZAW 1 (35 g) entwickelt: Zugabe von Calciumcarbonat und Binder (Variante «$CaCO_3$») und Zugabe von Aroma und Binder (Variante «Aroma»). Bei ZAW 2 (25 g) und 3 (15 g) wurde die Aroma Variante weiterverfolgt.

Tabelle 19 zeigt die Rezeptur für die Basis aller HoneyBalls. Da die Zuckerreduktion über das Coating erfolgte ist die Rezeptur für die Basis für alle Produkte identisch.

Aus Tabelle 20 sind die Rezepturen für die Coating slurrys[5] der verschiedenen Varianten und einzelnen Reduktionsschritte ersichtlich.

Mithilfe der Tabelle 21 ist ersichtlich wie viel Coating slurry im Verhältnis zur Basis (Extrudat) aufgetragen werden.

Das heisst für die HoneyBalls, dass die Rezepturen für den jeweiligen Standard und die Reduktionsschritte bei jedem Zuckerausgangswert identisch sind und sich die Produkte der unterschiedlichen Zuckerausgangswerte durch die unterschiedliche Menge an aufgetragener Coating slurry unterscheiden.

Tabelle 19: Rezeptur Basis der HoneyBalls

Zutaten	
Vollkorn Weizenmehl	68.11%
Vollkorn Hafermehl	15.83%
Zucker	8.00%
Salz	0.72%
Maisgriess	7.34%

Tabelle 20: Rezepturen Coating slurry HoneyBalls

Zutaten	**Standard**	**$CaCO_3$ Red1**	**$CaCO_3$ Red2**	**$CaCO_3$ Red3**	**Aroma Red1**	**Aroma Red2**	**Aroma Red3**
Zucker	48.4%	45.4%	43.4%	40.9%	44.0%	39.3%	35.3%
Glukosesirup	8.5%	7.5%	7.5%	6.5%	7.5%	5.5%	3.5%
Honig	8.0%	8.0%	8.0%	8.0%	8.0%	8.0%	8.0%
Sonnenblumenöl	2.1%	2.1%	2.1%	2.1%	2.1%	2.1%	2.1%
Wasser	33.0%	33.0%	35.0%	36.0%	33.0%	35.0%	36.0%
$CaCO_3$		1.0%	1.0%	1.5%			
Binder (Promitor)		3.0%	3.0%	5.0%	5.3%	10.0%	15.0%
Modifying Aroma					0.1%	0.1%	0.1%

Legende: Red = Reduktion

Tabelle 21: Verhältnis Basis zu Coating HoneyBalls

Zutaten	**ZAW 1**	**ZAW 2**	**ZAW 3**
Basis	100%	100%	100%
Coating slurry	79%	40%	12%

[5] Coating slurry = wässrige Masse, die auf die FSC aufgetragen wird

Die nachfolgenden Tabelle 22, Tabelle 23 und Tabelle 24 zeigen pro Zuckerausgangswert den Gehalt an zugesetztem Zucker – einmal anteilig zur Rezeptur und einmal im Vergleich zum jeweiligen Standard. Die Berechnungen sind dem Anhang D zu entnehmen. Da die Variante «Aroma» am vielversprechendsten war (vgl. Kapitel 4.2.3 ff), wurde, wie unter Kapitel 3.1 beschrieben, diese Variante fortgeführt.

Tabelle 22: Zugesetzter Zucker HoneyBalls ZAW 1

ZAW 1	Standard	$CaCO_3$ Red1	$CaCO_3$ Red2	$CaCO_3$ Red3	Aroma Red1	Aroma Red2	Aroma Red3
zugesetzter Zucker (berechnet)	33.84 %	32.34 %	31.64 %	30.51 %	31.74 %	29.69 %	27.84 %
zugesetzter Zucker im Vergleich zum Standard	100.00 %	95.56 %	93.51 %	90.18 %	93.78 %	87.74 %	82.25 %

Legende: Red = Reduktion

Tabelle 23: Zugesetzter Zucker HoneyBalls ZAW 2

ZAW 2	Standard	Aroma Red1	Aroma Red2
zugesetzter Zucker (berechnet)	23.86 %	22.57 %	21.26 %
zugesetzter Zucker im Vergleich zum Standard	100.00 %	94.59 %	89.11 %

Legende: Red = Reduktion

Tabelle 24: Zugesetzter Zucker HoneyBalls ZAW 3

ZAW 3	Standard	Aroma Red1	Aroma Red2
zugesetzter Zucker (berechnet)	13.64 %	13.11 %	12.63 %
zugesetzter Zucker im Vergleich zum Standard	100.00 %	96.16 %	92.64 %

Legende: Red = Reduktion

3.1.3.2 ChocoBalls (Direct-Expanded Cereals Schokolade)

Wie in Tabelle 2 ersichtlich konnten für die Direct-Expanded Cereals Schokoalde drei unterschiedliche Zuckerausgangswerte (30 g, 25 g, 20 g zugesetzter Zucker) definiert werden, die den jeweiligen Ausgangspunkt für die zuckerreduzierten Varianten darstellten.

Zwei verschiedene Ansätze zur Zuckerreduktion wurden ausgehend vom ZAW 1 (30 g) entwickelt: Zugabe von Calciumcarbonat und Binder (Variante «$CaCO_3$») und Zugabe von Aroma und Binder (Variante «Aroma»). Bei ZAW 2 (25 g) und 3 (20 g) wurde die Aroma Variante weiterverfolgt.

Tabelle 25 zeigt die Rezeptur für die Basis aller ChocoBalls. Da die Zuckerreduktion über das Coating erfolgte ist die Rezeptur für die Basis für alle Produkte identisch.

Aus Tabelle 26 sind die Rezepturen für die Coating slurrys der verschiedenen Varianten und einzelnen Reduktionsschritte ersichtlich.

Mithilfe der Tabelle 27 ist ersichtlich wieviel Coating slurry im Verhältnis zur Basis (Extrudat) aufgetragen werden.

Das heisst für die ChocoBalls, dass die Rezepturen für den jeweiligen Standard und die Reduktionsschritte bei jedem Zuckerausgangswert identisch sind und sich die Produkte der unterschiedlichen Zuckerausgangswerte durch die unterschiedliche Menge an aufgetragener Coating slurry unterscheiden.

Tabelle 25: Rezeptur Basis ChocoBalls

Zutaten	
Vollkorn Weizenmehl	65.66%
Vollkorn Hafermehl	15.28%
Zucker	8.00%
Salz	0.72%
Maisgriess	7.26%
Kakaopulver	3.08%

Tabelle 26: Rezepturen Coating slurry ChocoBalls

Zutaten	**Standard**	**$CaCO_3$ Red1**	**$CaCO_3$ Red2**	**$CaCO_3$ Red3**	**Aroma Red1**	**Aroma Red2**	**Aroma Red3**
Zucker	49.1%	46.1%	44.1%	41.6%	44.5%	40.0%	36.0%
Glukosesirup	11.3%	10.3%	10.3%	9.3%	10.3%	8.3%	6.3%
Kakaopulver	9.6%	9.6%	9.6%	9.6%	9.6%	9.6%	9.6%
Wasser	30.0%	31.0%	32.0%	33.0%	31.0%	32.0%	33.0%
$CaCO_3$		1.0%	1.0%	1.5%			
Binder (Promitor)		2.0%	3.0%	5.0%	4.5%	10.0%	15.0%
Modifying Aroma					0.1%	0.1%	0.1%

Legende: Red = Reduktion

Tabelle 27: Verhältnis Basis zu Coating ChocoBalls

Zutaten	ZAW 1	ZAW 2	ZAW 3
Basis	100%	100%	100%
Coating slurry	69%	47%	28.5%

Die nachfolgenden Tabelle 28, Tabelle 29 und Tabelle 30 zeigen pro Zuckerausgangswert den Gehalt an zugesetztem Zucker – einmal anteilig zur Rezeptur und einmal im Vergleich zum jeweiligen Standard. Die Berechnungen sind dem Anhang D zu entnehmen. Da die Variante «Aroma» am vielversprechendsten war (vgl. Kapitel 4.2.3 ff), wurde, wie unter Kapitel 3.1 beschrieben, diese Variante fortgeführt.

Tabelle 28: Zugesetzter Zucker ChocoBalls ZAW 1

ZAW 1	Standard	$CaCO_3$ Red1	$CaCO_3$ Red2	$CaCO_3$ Red3	Aroma Red1	Aroma Red2	Aroma Red3
zugesetzter Zucker (berechnet)	29.04 %	27.80 %	27.04 %	26.00 %	27.17 %	25.28 %	23.59 %
zugesetzter Zucker im Vergleich zum Standard	100.00 %	95.70 %	93.10 %	89.54 %	93.54 %	87.05 %	81.23 %

Legende: Red = Reduktion

Tabelle 29: Zugesetzter Zucker ChocoBalls ZAW 2

ZAW 2	Standard	Aroma Red1	Aroma Red2
zugesetzter Zucker (berechnet)	24.04 %	22.60 %	21.15 %
zugesetzter Zucker im Vergleich zum Standard	100.00 %	93.99 %	87.96 %

Legende: Red = Reduktion

Tabelle 30: Zugesetzter Zucker ChocoBalls ZAW 3

ZAW 3	Standard	Aroma Red1	Aroma Red2
zugesetzter Zucker (berechnet)	18.81 %	17.83 %	16.85 %
zugesetzter Zucker im Vergleich zum Standard	100.00 %	94.76 %	89.53 %

Legende: Red = Reduktion

3.1.3.3 HoneyPops (Direct-Expanded Cereals Nature)

Die HoneyPops zählen wie die HoneyBalls zu den Direct-Expanded Cereals Nature. Da aber die Basis (gepuffter Hartweizen) an sich keinen zugesetzten Zucker enthält wurden die Zuckerausgangswerte entsprechend angepasst (30 g, 20 g, 10 g zugesetzter Zucker) und es wurden – bei ZAW 1 (30 g) die gleichen Ansätze zur Zuckerreduktion betrachtet (Variante $CaCO_3$ und Variante Aroma). Bei ZAW 2 (20 g) und 3 (10 g) wurde die Aroma Variante weiterverfolgt.

Bei den HoneyPops war gepuffter Hartweizen die Basis der Frühstückscerealien. Die Spezifikation ist im Anhang C ersichtlich. Wie bei den HoneyBalls und den ChocolateBalls war die Basis also für alle Produkte identisch und die Zuckerreduktion erfolgte über das Coating.

Tabelle 31 zeigt die Rezepturen für die Coating slurrys der verschiedenen Varianten und einzelnen Reduktionsschritte (identisch mit HoneyBalls).

Mithilfe der Tabelle 32 ist ersichtlich wieviel Coating slurry im Verhältnis zur Basis (Extrudat) aufgetragen werden (identisch mit HoneyBalls).

Tabelle 31: Rezepturen Coating slurry HoneyPops

Zutaten	Standard	$CaCO_3$ Red1	$CaCO_3$ Red2	$CaCO_3$ Red3	Aroma Red1	Aroma Red2	Aroma Red3
Zucker	48.4%	45.4%	43.4%	40.9%	44.0%	39.3%	35.3%
Glukosesirup	8.5%	7.5%	7.5%	6.5%	7.5%	5.5%	3.5%
Honig	8.0%	8.0%	8.0%	8.0%	8.0%	8.0%	8.0%
Sonnenblumenöl	2.1%	2.1%	2.1%	2.1%	2.1%	2.1%	2.1%
Wasser	33.0%	33.0%	35.0%	36.0%	33.0%	35.0%	36.0%
$CaCO_3$		1.0%	1.0%	1.5%			
Binder (Promitor)		3.0%	3.0%	5.0%	5.3%	10.0%	15.0%
Modifying Aroma					0.1%	0.1%	0.1%

Legende: Red = Reduktion

Tabelle 32: Verhältnis Basis zu Coating HoneyPops

Zutaten	ZAW 1	ZAW 2	ZAW 3
Basis	100%	100%	100%
Coating slurry	79%	40%	12%

Wie bei den HoneyBalls sind also auch bei den HoneyPops die Rezepturen für den jeweiligen Standard und die Reduktionsschritte bei jedem Zuckerausgangswert identisch und die Produkte der unterschiedlichen Zuckerausgangswerte unterscheiden sich durch die unterschiedliche Menge an aufgetragener Coating slurry.

Die nachfolgenden Tabelle 33, Tabelle 34 und Tabelle 35 zeigen pro Zuckerausgangswert den Gehalt an zugesetztem Zucker – einmal anteilig zur Rezeptur und einmal im Vergleich zum jeweiligen Standard. Die Berechnungen sind dem Anhang D zu entnehmen. Da die Variante «Aroma» am vielversprechendsten war (vgl. Kapitel 4.2.3 ff), wurde, wie unter Kapitel 3.1 beschrieben, diese Variante fortgeführt.

Tabelle 33: Zugesetzter Zucker HoneyPops ZAW 1

ZAW 1	Standard	$CaCO_3$ Red1	$CaCO_3$ Red2	$CaCO_3$ Red3	Aroma Red1	Aroma Red2	Aroma Red3
zugesetzter Zucker (berechnet)	29.61 %	27.14 %	26.39 %	25.23 %	26.53 %	24.43 %	22.55 %
zugesetzter Zucker im Vergleich zum Standard	100.00 %	91.63 %	89.10 %	85.20 %	89.60 %	82.51 %	76.14 %

Legende: Red = Reduktion

Tabelle 34: Zugesetzter Zucker HoneyPops ZAW 2

ZAW 2	Standard	Aroma Red1	Aroma Red2
zugesetzter Zucker (berechnet)	18.74 %	16.27 %	14.92 %
zugesetzter Zucker im Vergleich zum Standard	100.00 %	86.81 %	79.61 %

Legende: Red = Reduktion

Tabelle 35: Zugesetzter Zucker HoneyPops ZAW 3

ZAW 3	Standard	Aroma Red1	Aroma Red2
zugesetzter Zucker (berechnet)	7.60 %	7.11 %	6.62 %
zugesetzter Zucker im Vergleich zum Standard	100.00 %	93.51 %	87.02 %

Legende: Red = Reduktion

3.2 «A»-«not A»-Test (ISO 8588, DIN 10972)

Abweichend von der ursprünglich offerierten Variante der sensorischen Evaluation (Dreieckprüfung auf Ähnlichkeit) wurde – im Austausch und nach Rücksprache mit der Agroscope und dem BLV – als Methodik für die sensorischen Analysen der «A»-«not A»-Test gewählt. Ausschlaggebend war, dass man dadurch eine realitätsnähere Konsumsituation schafft (es wird ein Produkt nach dem anderen und nicht mehrere Produkte gleichzeitig getestet).

Die sensorischen Prüfungen wurden im Zeitraum von Mitte Oktober 2018 bis Anfang Mai 2019 an der ZHAW in Wädenswil durchgeführt.

Prüfpersonen
Ziel war es, dass pro Test mindestens 50 Prüfer teilnahmen, basierend auf den Empfehlungen in den Normen (ISO 8588, DIN 10972). Grundvoraussetzung für die Teilnahme am Test war der regelmässige Konsum (mind. dreimal pro Woche) von Frühstückscerealien. Weiterhin war das Ziel, dass an den Tests jeweils 50% Frauen und 50% Männer teilnahmen. Bei den Altersgruppen wurde folgende Verteilung angestrebt: 25% 6-14jährige (Kinder), 25% 15-19jährige (Jugendliche), 50% > 19jährige (Erwachsene). Bei den Erwachsenen erfolgte eine nochmalige Unterteilung in Erwachsene mit Kindern im eigenen Haushalt und Erwachsene ohne Kinder im eigenen Haushalt. Hier wurde ein Verhältnis von 1:1 angestrebt.

Die erwachsenen Prüfer wurden in erster Linie aus dem ZHAW Konsumentenpanel rekrutiert. Für die Rekrutierung der Kinder und Jugendlichen wurden verschiedene Wege gewählt (u.a. Anschreiben Konsumentenpanel, Mitarbeitende ZHAW, Schulen, Pfadi, Cevi, Blauring, Strickhof, andere Ausbildungsstätten).

Prüfraum
Die sensorischen Prüfungen wurden im Sensoriklabor der ZHAW durchgeführt, welches vom zugehörigen Vorbereitungsraum getrennt ist und über zwölf einzelne Prüfkabinen verfügt.
Das Sensoriklabor war zum Zeitpunkt der Degustation geruchsneutral. Die Lichtverhältnisse waren der Aufgabenstellung und dem Prüfgut angepasst (Tageslichtquelle K 6500).

Probenvorbereitung
Es wurden jeweils 10 g (Gebackene Sorten und Flakes) resp. 5 g (Direct-Expanded Cereals) Probenmaterial in durchsichtige, geruchs- und geschmacksneutrale Gefässe («Vitri», 83 cm Durchmesser, 150 ml Volumen) abgefüllt. Vor dem Portionieren wurde der Inhalt einer Packung jeweils durchmischt. Pro Portion wurden jeweils 20 ml Milch (2.5% Fettgehalt, hochpasteurisiert, homogenisiert, Raumtemperatur) dazugegeben. Nach fünf Minuten «Ziehzeit» wurde den Prüfpersonen die jeweilige Probe serviert.

Testablauf und -design
Die Prüfer wurden zunächst begrüsst und erhielten eine Einweisung zur Testmethodik und dem generellen Ablauf. Nachdem die Prüfer in den Testkabinen Platz genommen und sich am Computer angemeldet haben, erhielt jeder Prüfer zunächst eine Probe «A», welche auch als solche

gekennzeichnet war, um sich mit dieser Probe vertraut zu machen. Bei der Probe «A» handelte es sich jeweils um das entsprechende Standardprodukt, d.h. ohne Zuckerreduktion.

Anschliessend erhielten die Prüfer zwei mit dreistelligen Zufallszahlen codierte Testproben, wobei den Prüfern nicht bekannt war, wie häufig sie Probe «A» resp. Probe «nicht A» erhalten. Das Testdesign (siehe Anhang E) war randomisiert und balanciert. Alle Proben wurden einzeln und nacheinander gereicht. Folgende Probenreihenfolgen waren möglich:

- 1. Probe: «A» 2. Probe: «A»
- 1. Probe: «A» 2. Probe: «nicht A»
- 1. Probe: «nicht A» 2. Probe: «A»
- 1. Probe: «nicht A» 2. Probe: «nicht A»

Insgesamt wurden in jeder Session drei Tests durchgeführt. D.h., die Prüfer degustierten insgesamt neun Proben (siehe Abbildung 7). Die Testreihenfolge wurde zwischen den Sessions gewechselt (siehe Anhang E). Die Dauer einer Session belief sich auf ca. 40 Minuten.

Abbildung 7: Vorbereitetes Probenset für einen Prüfer

Neutralisation
Der zeitliche Abstand zwischen den Proben betrug jeweils drei Minuten. Zur Neutralisation standen den Prüfern salzarme Cracker und Leitungswasser zur Verfügung.

Datenerfassung
Die Datenerfassung erfolgte elektronisch mittels Computern, welche mit der Sensorik-Software «Fizz» (Version 2.47B, Biosystèmes) ausgerüstet sind. Das Prüfformular wurde nach den Vorgaben der Norm DIN 10972 gestaltet und kann in Anhang F eingesehen werden.

3.2.1 Auswertung

Die Resultate sowohl für die Gesamtheit der Prüfpersonen als auch für die einzelnen Untergruppen wurden gemäss DIN 10972 resp. ISO 8588 ausgewertet. Für die statistische Auswertung wurde für jeden Test ausgezählt, wie oft eine Probe von den Prüfern als «A» oder «Nicht A» identifiziert wurde und wie oft die Prüfer dabei richtig oder falsch lagen. Diese Resultate wurden gemäss der Vorlage aus Tabelle 36 zusammengefasst.

Tabelle 36: Beispielhafte Tabelle für die zusammengefassten Ergebnisse eines «A»-«not A»-Tests

		Vorgelegte Probe		Summe
		«A»	«nicht A»	
Die Prüfer identifizierten	«A»	n_{11}	n_{12}	$n_{1.}$
	«nicht A»	n_{21}	n_{22}	$n_{2.}$
Summe		$n_{.1}$	$n_{.2}$	$n_{..}$

Für die weitere statistische Auswertung und Interpretation der Daten erfolgte die Berechnung der Testgrösse U mittels Normalverteilungstest. Dieser vergleicht die Anzahl n_{11} von richtig eingeordneten Prüfproben «A» mit der erwarteten Anzahl $n_{1.}n_{.1}$ / $n_{..}$ richtig eingeordneter Prüfproben «A», welche sich bei Gleichheit von «A» und «nicht A» ergeben würde.

Formel 1: Berechnung der Testgrösse U

$$U = \frac{n_{11} - n_{1.}n_{.1}/n_{..}}{\sqrt{n_{1.}n_{2.}n_{.2}n_{.1}/(n_{..})^3}}$$

Der zur Testgrösse U zugehörige p-Wert (für ein Signifikanzniveau von 5 %) wurde mithilfe der Normalverteilungsfunktion von Excel (2010, Microsoft) NORM.S.VERT ermittelt.

Zudem wurde pro Test die Anzahl richtiger Antworten mittels nachfolgender Formel bestimmt:

Formel 2: Berechnung Anzahl richtiger Antworten

$$\boldsymbol{Z = n_{11} + n_{22}}$$

Für die Ergebnisdarstellung wurde die absolute Anzahl richtiger Antworten für eine bessere Vergleichbarkeit jeweils in Prozent umgerechnet.

Für den Vergleich der einzelnen Zielgruppen wurde die Anzahl der signifikanten Tests pro Zielgruppe (Männer, Frauen, Erwachsene, Erwachsene ohne Kinder im Haushalt, Erwachsene mit Kindern im Haushalt, Jugendliche, Kinder) zusammengezählt. Diese absolute Anzahl wurde dann zu den gesamthaft durchgeführten Tests ins Verhältnis gesetzt und in Prozent dargestellt (Rohdaten und Berechnung siehe Anhang G).

3.3 Zuckeranalyse

Die Zuckeranalysen wurden durch die Firma Eurofins (Eurofins Scientific AG, Schönenwerd, Switzerland) durchgeführt.

Mittels Hochleistungsflüssigkeitschromatographie (englisch: high performance liquid chromatography, HPLC) wurde der Gehalt an Fructose, Glucose, Galaktose, Lactose, Maltose, Saccharose, Xylose sowie der Gesamtzucker analysiert.

3.4 Effektivität / Wirtschaftlichkeit / Umsetzbarkeit

Um eine grobe Einschätzung zu erhalten, wie sinnvoll die untersuchten Ansätze zur Zuckerreduktion sind, wurden am Ende des Projektes Effektivität, Wirtschaftlichkeit und Umsetzbarkeit dieser betrachtet. Berücksichtigt werden muss hier, dass die Untersuchungen den Charakter von Beobachtungen haben und somit qualitativer Natur sind.

Für die Einordnung der Effektivität wurden die Ergebnisse der sensorischen Analyse herangezogen, d.h., wie wirksam der gewählte Ansatz zur Zuckerreduktion ist (z.B. wie viel Zucker kann innerhalb eines Reduktionsschrittes reduziert werden).

Wirtschaftlichkeit und Umsetzbarkeit wurden mithilfe eines Fragenkatalogs (siehe Anhang H) eruiert, welcher an die Projektpartner, die effektiv an der Produktherstellung beteiligt waren, sowie weitere produzierende Betriebe versendet wurde. Der Fragenkatalog wurde je nach Produktkategorie resp. Beteiligung am Projekt leicht angepasst. Dieser Fragenkatalog wurde von den Befragten schriftlich beantwortet. Der Versand des Fragenkatalogs erfolgte Anfang Juli 2019.

Die Antworten aus den retournierten Fragenkatalogen wurden für die Auswertung in Tabellen zusammengefasst.

4 Ergebnisse und Diskussion

In den nachfolgenden Unterkapiteln werden die Ergebnisse dargestellt und erläutert. Zunächst wird die Entwicklung der Produktmuster für jede Produktkategorie beschrieben. Anschliessend erfolgt die Erörterung der Ergebnisse der «A»-«not A»-Tests mit den Konsumenten. Weiterhin sind die Erkenntnisse zu den Zeitintervallen in diesem Kapitel aufgeführt, ebenso wie jene zu Zuckeranalyse, Effektivität / Wirtschaftlichkeit / Umsetzbarkeit und Produktsicherheit

4.1 Entwicklung Produktmuster

Der im Februar 2018 vom BLV genehmigte Versuchsplan, welcher mit den Projektpartnern erarbeitet wurde, bildet die Grundlage für die Entwicklung der Produktmuster.

4.1.1 Gebackene Sorten (Crunchy/Granola)

Die Produktmuster für die Gebackenen Sorten wurden an der ZHAW entwickelt. In verschiedenen Vorarbeiten wurden Rezepturen für die drei Ansätze zur Zuckerreduktion (Vorverkleisterung, Einsatz von Binder, Kontrasteffekt) erarbeitet. In einem ersten Schritt wurden die Rezepturen ausgehend vom Zuckerausgangswert 1 für alle drei Sorten (Nature, Frucht, Schokolade) entwickelt (Bamert 2018). Als Basis diente eine Standardrezeptur eines Projektpartners.

Während eines Projekttreffens wurden die ersten entwickelten Produktmuster mit den Projektpartnern verkostet. Ausgehend von den Ergebnissen wurden Anpassungen vorgenommen. Mit den daraus resultierenden Produktmustern wurden «A»-«not A»-Tests mit trainierten Prüfern durchgeführt, um die Proben zu identifizieren, die den grösstmöglichen stillen Reduktionsschritt zulassen. Nachfolgende Abbildung 8 zeigt die Proben für Zuckerausgangswert 1, die basierend auf diesen Ergebnissen für den Konsumententest ausgewählt wurden.

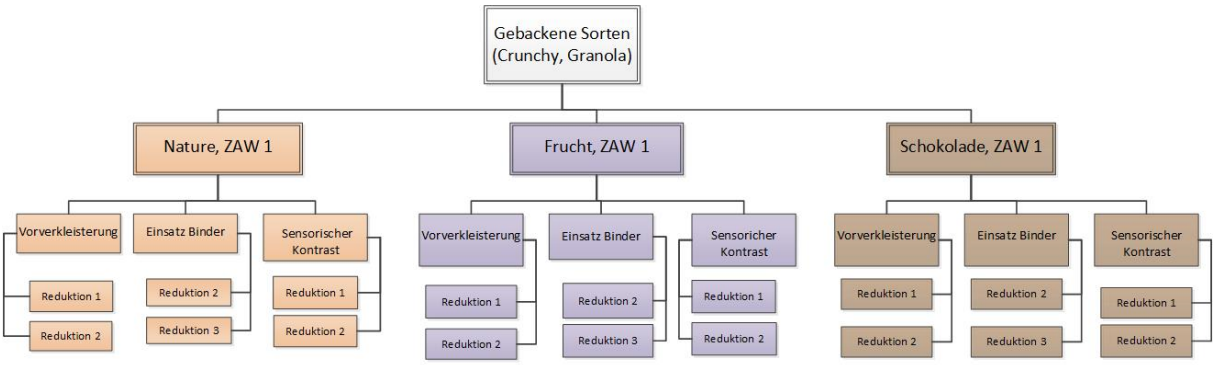

Abbildung 8: Produktmuster Gebackene Sorten ZAW 1 für Konsumententests

Zudem wurde anhand der Ergebnisse der «A»-«not A»-Tests der vielversprechendste Ansatz zur Zuckerreduktion ausgewählt – die Variante «Binder» (vgl. Kapitel 4.2.1) –, um diesen auf die Zuckerausgangswerte 2 und 3 zu übertragen. Auch hierzu wurden mehrere Produktmuster entwickelt (Grob 2018b) und mit trainiertem Prüfern mittels «A»-«not A»-Test auf Unterschiede getestet. Abbildung 9 zeigt die daraus resultierenden Produkte für den Konsumententest für Zuckerausgangswert 2 und 3

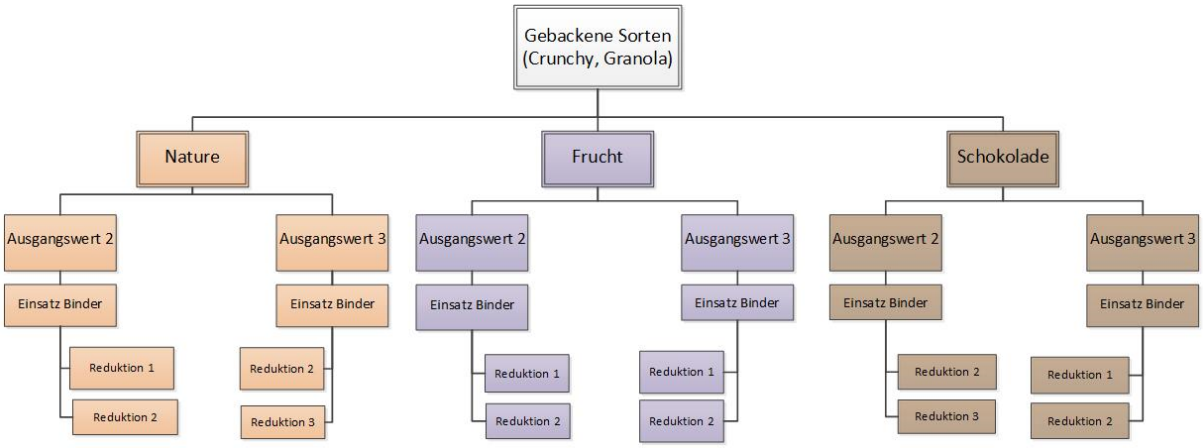

Abbildung 9: Produktmuster Gebackene Sorten ZAW 2 und 3 für Konsumententests

4.1.2 Flakes

Die Produktmuster für die Flakes wurden von einem Projektpartner im Austausch mit der ZHAW entwickelt. Die Rezepturen basieren auf Produkten des Projektpartners. Wie bei den Gebackenen Sorten auch wurden zunächst die Rezepturen für den ersten Zuckerausgangswert entwickelt. Dies war nicht bei allen Geschmacksrichtungen der Zuckerausgangswert 1. Da die Standardrezepturen des Projektpartners für die Geschmacksrichtung Nature und Schokolade im Bereich des Zuckerausgangswerts 2 liegen, wurde für diese beiden Sorten also mit dem ZAW 2 begonnen.

Auch für die Flakes fanden während der Entwicklungsphase Verkostungen der Produktmuster statt. Dies geschah durch Mitarbeitende des Projektpartners. Ebenfalls wurden die bis dahin entwickelten Produktmuster während eines Projekttreffens mit den anderen Projektpartnern verkostet. Anschliessend wurden weitere Produktmuster produziert und alle Produktmuster wurden durch trainierte Prüfer des objektiven Fachpanels der ZHAW mittels «A»-«not A»-Tests getestet, um die Proben zu identifizieren, die den grösstmöglichen stillen Reduktionsschritt zulassen. Nachfolgende Abbildung 10 zeigt die Proben für den ersten Zuckerausgangswert, die basierend auf den Ergebnissen der trainierten Prüfer für den Konsumententest ausgewählt wurden.

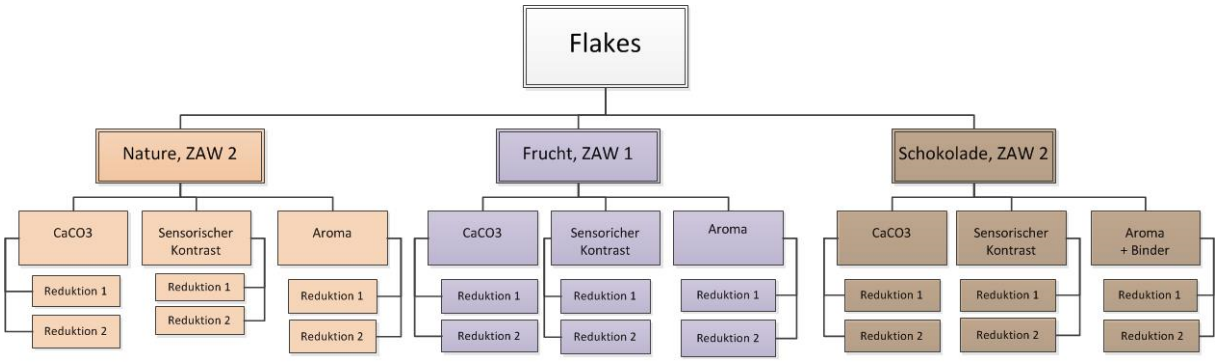

Abbildung 10: Produktmuster Flakes erster ZAW für Konsumententests

Zudem wurde anhand der Ergebnisse der «A»-«not A»-Tests der vielversprechendste Ansatz resp. die vielversprechendsten Ansätze zur Zuckerreduktion ausgewählt, um diesen auf die weiteren Zuckerausgangswerte zu übertragen. Auch hier wurden die Produkte von einem Projektpartner im Austausch mit der ZHAW produziert. Abbildung 11 zeigt die daraus resultierenden Produkte für den Konsumententest für die weiteren Zuckerausgangswerte.

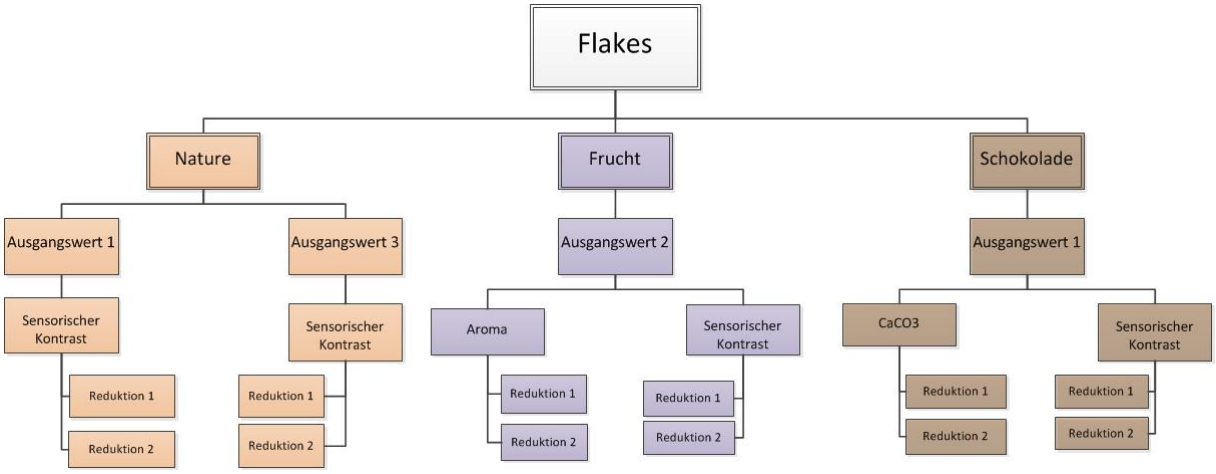

Abbildung 11: Produktmuster Flakes weitere ZAW für Konsumententests

4.1.3 Direct-Expanded Cereals

Die Produktmuster für die Direct-Expanded Cereals wurden von zwei Projektpartnern im Austausch mit der ZHAW entwickelt. Die Rezepturen basieren auf Produkten der Projektpartner. Wie bei den beiden anderen Kategorien (Flakes, Gebackene Sorten) wurden auch hier zunächst die Rezepturen für den Zuckerausgangswert 1 entwickelt.

Auch für die Direct-Expanded Cereals fanden während der Entwicklungsphase der Produktmuster Verkostungen statt. Dies geschah durch Mitarbeitende der Projektpartner. Ebenfalls wurden die bis dahin entwickelten Produktmuster während eines Projekttreffens mit den anderen Projektpartnern verkostet. Anschliessend wurden weitere Produktmuster produziert und alle Produktmuster wurden durch trainierte Prüfer des objektiven Fachpanels der ZHAW mittels «A»-«not A»-Tests getestet, um die Proben zu identifizieren, die den grösstmöglichen stillen Reduktionsschritt zulassen. Nachfolgende Abbildung 12 zeigt die Proben für Zuckerausgangswert 1, die basierend auf den Ergebnissen der trainierten Prüfer für den Konsumententest ausgewählt wurden.

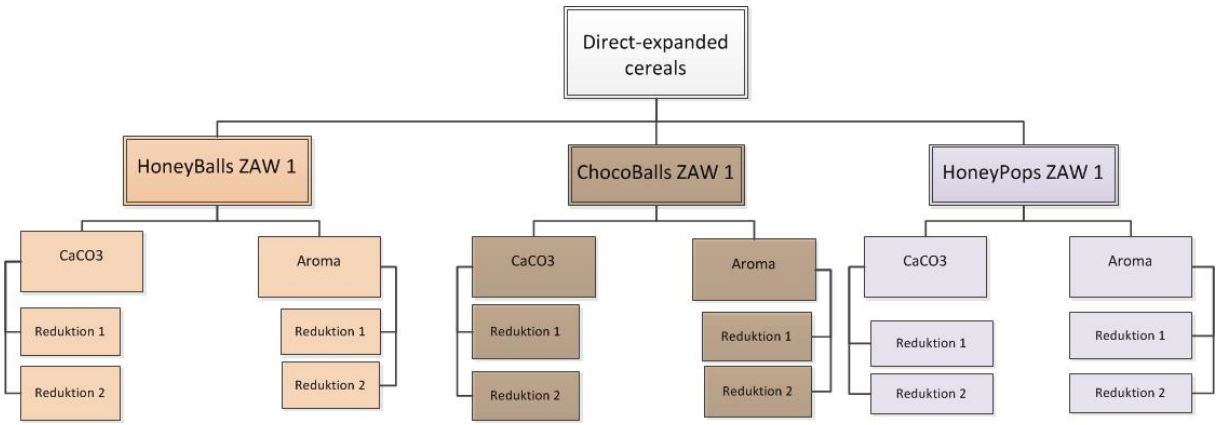

Abbildung 12: Produktmuster Direct-Expanded Cereals ZAW 1 für Konsumententests

Leider war es nicht möglich im vorgegeben Projektzeitraum die angestrebte Variante mehrschichtiges Coating umzusetzen. In verschiedenen Versuchen der Projektpartner sowie an der ZHAW (Grob 2018a) war es nicht möglich akzeptable Produktmuster zu entwickeln.

Anhand der Ergebnisse der «A»-«not A»-Tests mit den trainierten Prüfern wurde auch der vielversprechendste Ansatz zur Zuckerreduktion ausgewählt, um diesen auf die weiteren Zuckerausgangswerte zu übertragen. Auch hier wurden die Produkte von denselben zwei Projektpartnern im Austausch mit der ZHAW produziert. Abbildung 13 zeigt die resultierenden Produkte für den Konsumententest für die beiden weiteren Zuckerausgangswerte.

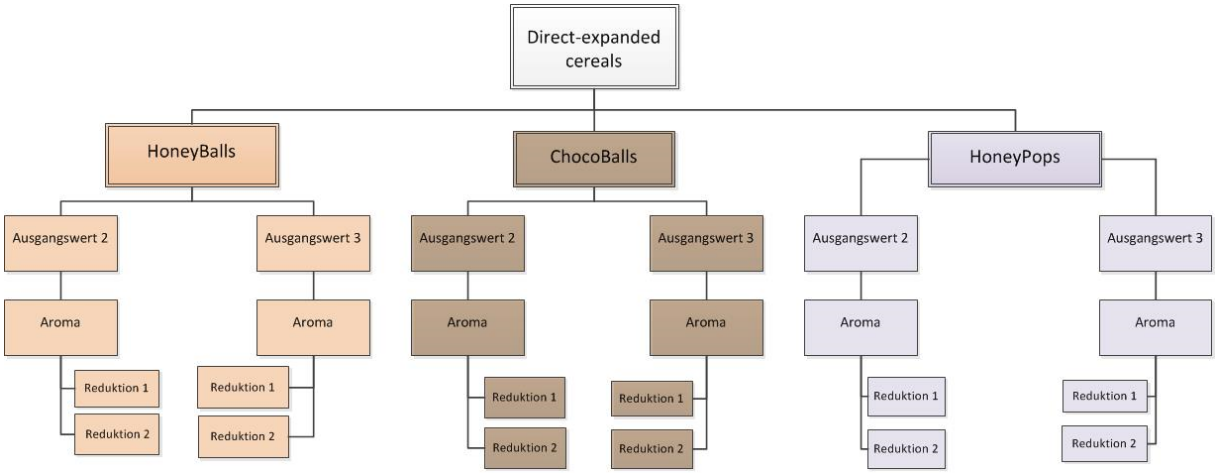

Abbildung 13: Produktmuster Direct-Expanded Cereals ZAW 2 und 3 für Konsumententests

4.2 Ergebnisse «A»-«not A»-Tests

In den nachfolgenden Unterkapiteln werden die Ergebnisse der «A»-«not A»-Tests diskutiert. Dabei sind in den Tabellen jeweils die p-Werte und die Anzahl richtiger Antworten in Prozent dargestellt. Dies sowohl jeweils für die Gesamtheit der Prüfpersonen, die an dem entsprechenden Test teilgenommen haben, also auch für folgende Untergruppen: Frauen, Männer, Erwachsene (gesamt), Erwachsene ohne Kinder im eigenen Haushalt, Erwachsene mit Kindern im eigenen Haushalt, Jugendliche sowie Kinder. In den nachfolgenden Unterkapiteln wird aber jeweils nur auf die Ergebnisse der Gesamtheit eingegangen, die Ergebnisse der Untergruppen werden in Kapitel 4.2.5 wieder aufgegriffen. Bei der Probenbezeichnung ist jeweils in Klammern angegeben, um wie viel Prozent der zugesetzte Zucker im Vergleich zur Standardprobe reduziert wurde. Die Rohdaten zu den sensorischen Tests können im Anhang G eingesehen werden.

Wenn nachfolgend von Unterschieden gesprochen wird, bezieht sich dies immer auf den Unterschied der Probe zur jeweiligen Standardprobe.

4.2.1 Gebackene Sorten (Crunchy/Granola)

4.2.1.1 Nature

Tabelle 37 zeigt die Ergebnisse der «A»-«not A»-Tests für die Gebackenen Sorten Nature Zuckerausgangswert 1. Es ist ersichtlich, dass bei beiden Reduktionsschritten der Variante Vorverkleisterung signifikante Unterschiede im Vergleich zum Standard wahrnehmbar sind, obwohl die betrachteten Reduktionsschritte (-3.8% resp. -13.5%) eher klein sind. Diese Variante scheint also nicht für eine stille Zuckerreduktion geeignet zu sein

Bei der Variante Binder hingegen liegt bei beiden Reduktionsschritten (-11.5% resp. -20.2%) kein signifikanter Unterschied vor und sind somit für eine stille Reduktion geeignet. Da der p-Wert bei dem zweiten Reduktionsschritt mit 0.07 in der Nähe des gewählten Signifikanzniveaus von 0.05 liegt, kann auch davon ausgegangen werden, dass der zweite Reduktionsschritt in der Nähe der maximal möglichen Reduktion liegt.

Die Ergebnisse für die Variante Kontrast sind nicht schlüssig: Der kleinere Reduktionsschritt (-3.8%) zeigt einen signifikanten Unterschied zur Standardprobe, wohingegen der grössere Reduktionsschritt (-13.5%) sich nicht signifikant unterscheidet. Eine eindeutige Schlussfolgerung ist demnach schwierig. Auch der Blick in die Ergebnisse der Vorversuche zeigt, dass die Ergebnisse der trainierten Prüfer das gleiche Resultat liefern: die geringere Reduktion wird als signifikant unterschiedlich zur Standardprobe wahrgenommen, der zweite, grössere Reduktionsschritt hingegen nicht (ebenso der dritte Reduktionsschritt – welcher nur mit den trainierten und nicht im Konsumententest getestet wurde). Der «A»-«not A»-Test untersucht nur, ob sich die «nicht A» von «A» unterscheidet und liefert keine Informationen darüber, worin dieser Unterschied besteht. Rein theoretisch ist es folglich möglich, dass der kleinere Reduktionsschritt (-3.8%) deshalb als signifikant unterschiedlich wahrgenommen wird, weil er als süsser empfunden wird und die Proben mit den grösseren Reduktionsschritten sensorisch wieder näher an den Standard herankommen.

Tabelle 37: Ergebnisse «A»-«not A»-Test Gebackene Sorten Nature ZAW 1

	Gesamt (n=59)		weiblich (n=37)		männlich (n=22)		Erwachsene (n=39)		Erwachsene ohne Kinder im Haushalt (n=18)		Erwachsene mit Kindern im Haushalt (n=21)		Jugendliche (n=10)		Kinder (n=10)	
	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten
gebackene Sorten Nature ZAW1 Variante Vorverkleisterung Red 1 (-3.8%)	0.00	66	0.00	66	0.02	66	0.00	73	0.01	69	0.00	76	0.21	50	0.32	55
gebackene Sorten Nature ZAW1 Variante Vorverkleisterung Red 2 (-13.5%)	0.00	62	0.01	65	0.18	57	0.02	62	0.15	58	0.02	64	0.00	80	0.64	45
gebackene Sorten Nature ZAW1 Variante Binder Reduktion 2 (-11.5%)	0.23	53	0.29	53	0.31	55	0.74	46	0.33	53	0.89	40	0.03	70	0.08	65
	Gesamt (n=56)		weiblich (n=34)		männlich (n=22)		Erwachsene (n=32)		Erwachsene ohne Kinder im Haushalt (n=16)		Erwachsene mit Kindern im Haushalt (n=16)		Jugendliche (n=11)		Kinder (n=13)	
	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten
gebackene Sorten Nature ZAW1 Variante Binder Reduktion 3 (-20.2%)	0.07	57	0.09	59	0.29	55	0.38	53	0.24	56	0.64	50	0.11	64	0.12	62
gebackene Sorten Nature ZAW1 Variante Kontrast Reduktion 1 (-4.5%)	0.03	59	0.02	62	0.27	55	0.11	58	0.62	47	0.02	69	0.13	59	0.07	62
gebackene Sorten Nature ZAW1 Variante Kontrast Reduktion 2 (-14.1%)	0.43	51	0.33	53	0.61	48	0.62	48	0.64	47	0.54	50	0.50	50	0.21	58

a=0.05 (Irrtumswahrscheinlichkeit)

Legende:

signifikanter Unterschied

kein signifikanter Unterschied

Tabelle 38 und Tabelle 39 zeigen die Ergebnisse der beiden weiteren Zuckerausgangswerte für die Gebackenen Sorten Nature. Der vielversprechendste Ansatz zur Zuckerreduktion, die Variante Binder, wurde bei diesen beiden Zuckerausgangswerten weitergeführt.

Bei Zuckerausgangswert 2 ist beim ersten Reduktionsschritt (-10.1%) kein signifikanter Unterschied vorhanden. Der zweite Reduktionsschritt (-15.2%) unterscheidet sich signifikant zur Standardprobe. Eine stille Reduktion ist also auch hier mit dieser Variante möglich. Eine Reduktion des zugesetzten Zuckers um 15% ist allerdings zu hoch.

Hinsichtlich des Zuckerausgangswerts 3 weisen beide Reduktionsschritte (-20.2% resp. -27.0%) signifikante Unterschiede zum Standard auf. Die relativen Reduktionsschritte (-20.2% resp. -27.0%) erscheinen sehr gross, allerdings ist dies dem niedrigeren Zuckerausgangswert (15 g) geschuldet. Absolut gesehen betragen die Reduktionsschritte lediglich -2.1 resp. -3.0 g zugesetzter Zucker pro 100 g (vgl. Tabelle 5). In den Vorversuchen wurde auch eine geringere Reduktion getestet, da aber alle drei betrachteten Reduktionsschritte von den trainierten Prüfern als nicht signifikant unterschiedlich zur Standardprobe wahrgenommen wurden, wurde entschieden die beiden grösseren Reduktionsschritte in den Konsumententests zu untersuchen.

Tabelle 38: Ergebnisse «A»-«not A»-Test Gebackene Sorten Nature ZAW 2

	Gesamt (n=60)		weiblich (n=36)		männlich (n=24)		Erwachsene (n=37)		Erwachsene ohne Kinder im Haushalt (n=15)		Erwachsene mit Kindern im Haushalt (n=22)		Jugendliche (n=10)		Kinder (n=13)	
	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten
gebackene Sorten Nature ZAW2 Variante Binder Reduktion 1 (-10.1%)	0.23	53	0.50	50	0.11	58	0.12	57	0.33	53	0.11	59	0.54	55	0.77	42
gebackene Sorten Nature ZAW2 Variante Binder Reduktion 2 (-15.2%)	0.01	61	0.00	65	0.28	54	0.05	59	0.65	47	0.01	68	0.05	70	0.24	58

a=0.05 (Irrtumswahrscheinlichkeit)

Legende:
signifikanter Unterschied
kein signifikanter Unterschied

Tabelle 39: Ergebnisse «A»-«not A»-Test Gebackene Sorten Nature ZAW 3

	Gesamt (n=60)		weiblich (n=36)		männlich (n=24)		Erwachsene (n=37)		Erwachsene ohne Kinder im Haushalt (n=15)		Erwachsene mit Kindern im Haushalt (n=22)		Jugendliche (n=10)		Kinder (n=13)	
	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten
gebackene Sorten Nature ZAW3 Variante Binder Reduktion 2 (-20.2%)	0.00	64	0.00	69	0.18	56	0.00	68	0.01	73	0.03	64	0.18	55	0.12	62
	Gesamt (n=56)		weiblich (n=32)		männlich (n=24)		Erwachsene (n=29)		Erwachsene ohne Kinder im Haushalt (n=10)		Erwachsene mit Kindern im Haushalt (n=19)		Jugendliche (n=10)		Kinder (n=17)	
	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten
gebackene Sorten Nature ZAW3 Variante Binder Reduktion 3 (-27.0%)	0.00	65	0.00	70	0.12	58	0.02	62	0.29	55	0.02	66	0.04	70	0.03	68

a=0.05 (Irrtumswahrscheinlichkeit)

Legende:
signifikanter Unterschied
kein signifikanter Unterschied

4.2.1.2 Frucht

Tabelle 40 zeigt die Ergebnisse der «A»-«not A»-Tests für die Gebackenen Sorten Frucht Zuckerausgangswert 1. Wie schon bei den Gebackenen Sorten Nature zeigen beide Reduktionsschritte der Variante Vorverkleisterung signifikante Unterschiede im Vergleich zum Standard, obwohl die betrachteten Reduktionsschritte (-4.6% resp. -13.3%) eher klein sind. Diese Variante scheint hier folglich ebenfalls nicht für eine stille Zuckerreduktion geeignet zu sein

Bei der Variante Binder sind die Ergebnisse nicht logisch. Für den kleineren Reduktionsschritt (-11.5%) liegt ein signifikanter Unterschied vor, für den grösseren Reduktionsschritt (-20.1%) hingegen nicht. Beide p-Werte liegen in der Nähe des Signifikanzniveaus, d.h. beide Ergebnisse sind «knapp». Eine Interpretation wird dadurch erschwert. Es könnte auch ein ähnliches Phänomen wie bei Gebackenen Sorten Nature Variante Kontrast aufgetreten sein (vgl. Kapitel 4.2.1.1).

Wie bei den Gebackenen Sorten Nature sind auch hier die Ergebnisse der Variante Kontrast nicht schlüssig: Der kleinere Reduktionsschritt (-4.5%) zeigt einen signifikanten Unterschied zur Standardprobe, wohingegen der grössere Reduktionsschritt (-14.1%) sich nicht signifikant unterscheidet. Eine eindeutige Schlussfolgerung ist demnach schwierig. Auch der Blick in die Ergebnisse der Vorversuche zeigt, dass die Ergebnisse der trainierten Prüfer das gleiche Resultat liefern: die geringere Reduktion wird als signifikant unterschiedlich zur Standardprobe wahrgenommen, der zweite, grössere Reduktionsschritt hingegen nicht (ebenso der dritte Reduktionsschritt – welcher nur mit den trainierten und nicht im Konsumententest getestet wurde). Es ist also auch hier möglich, dass der kleinere Reduktionsschritt (-3.8%) deshalb als signifikant unterschiedlich wahrgenommen wird, weil er als süsser empfunden wird und die Proben mit den grösseren Reduktionsschritten sensorisch wieder näher an die Standardprobe herankommen.

Tabelle 40: Ergebnisse «A»-«not A»-Test Gebackene Sorten Frucht ZAW 1 Teil 1

	Gesamt (n=54)		weiblich (n=33)		männlich (n=21)		Erwachsene (n=28)		Erwachsene ohne Kinder im Haushalt (n=15)		Erwachsene mit Kindern im Haushalt (n=13)		Jugendliche (n=9)		Kinder (n=17)	
	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten
gebackene Sorten Frucht ZAW1 Variante Vorverkleisterung Red 1 (-4.6%)	0.00	65	0.00	71	0.13	55	0.00	75	0.03	63	0.00	88	0.09	61	0.50	50
gebackene Sorten Frucht ZAW1 Variante Vorverkleisterung Red 2 (-13.3%)	0.00	62	0.01	64	0.16	60	0.02	61	0.28	53	0.00	69	0.17	61	0.05	65
gebackene Sorten Frucht ZAW1 Variante Binder Reduktion 2 (-11.5%)	0.04	58	0.05	61	0.18	55	0.39	52	0.09	60	0.89	42	0.35	61	0.02	68
	Gesamt (n=47)		weiblich (n=29)		männlich (n=18)		Erwachsene (n=24)		Erwachsene ohne Kinder im Haushalt (n=9)		Erwachsene mit Kindern im Haushalt (n=15)		Jugendliche (n=7)		Kinder (n=16)	
	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten
gebackene Sorten Frucht ZAW1 Variante Binder Reduktion 3 (-20.1%)	0.07	57	0.18	55	0.09	61	0.19	56	0.16	61	0.36	53	0.04	71	0.36	53
gebackene Sorten Frucht ZAW1 Variante Kontrast Reduktion 1 (-4.5%)	0.03	60	0.09	59	0.09	61	0.12	58	0.54	50	0.07	63	0.06	71	0.29	56
gebackene Sorten Frucht ZAW1 Variante Kontrast Reduktion 2 (-14.1%)	0.15	55	0.28	53	0.13	58	0.39	52	0.70	44	0.26	57	0.83	36	0.02	69

a=0.05 (Irrtumswahrscheinlichkeit)

Legende:

signifikanter Unterschied

kein signifikanter Unterschied

Tabelle 41 und Tabelle 42 zeigen die Ergebnisse der beiden weiteren Zuckerausgangswerte für die Gebackenen Sorten Frucht. Auch hier war der vielversprechendste Ansatz zur Zuckerreduktion die Variante Binder und wurde bei beiden Zuckerausgangswerten weitergeführt.

Sowohl bei Zuckerausgangswert 2 als auch bei Zuckerausgangswert 3 sind bei beiden Reduktionsschritten signifikante Unterschied im Vergleich zur jeweiligen Standardprobe vorhanden. Da absolut gesehen nur eine geringe Menge zugesetzter Zucker reduziert wurde (vgl. Tabelle 7 und Tabelle 8), scheint diese Variante der Zuckerreduktion bei den tieferen Zuckerausgangswerten 2 und 3 im Hinblick auf eine stille Reduktion nicht mehr zu funktionieren.

Tabelle 41: Ergebnisse «A»-«not A»-Test Gebackene Sorten Frucht ZAW 2

	Gesamt (n=56)		weiblich (n=32)		männlich (n=24)		Erwachsene (n=29)		Erwachsene ohne Kinder im Haushalt (n=10)		Erwachsene mit Kindern im Haushalt (n=19)		Jugendliche (n=10)		Kinder (n=17)	
	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten
gebackene Sorten Frucht ZAW2 Variante Binder Reduktion 1 (-12.1%)	0.00	67	0.00	67	0.01	67	0.00	72	0.06	70	0.00	74	0.04	70	0.28	56
gebackene Sorten Frucht ZAW2 Variante Binder Reduktion 2 (-18.1%)	0.00	70	0.00	66	0.00	75	0.00	76	0.04	70	0.00	79	0.50	50	0.01	71

a=0.05 (Irrtumswahrscheinlichkeit)

Legende:
signifikanter Unterschied
kein signifikanter Unterschied

Tabelle 42: Ergebnisse «A»-«not A»-Test Gebackene Sorten Frucht ZAW 3

	Gesamt (n=54)		weiblich (n=32)		männlich (n=22)		Erwachsene (n=30)		Erwachsene ohne Kinder im Haushalt (n=13)		Erwachsene mit Kindern im Haushalt (n=17)		Jugendliche (n=7)		Kinder (n=17)	
	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten
gebackene Sorten Frucht ZAW 3 Variante Binder Reduktion 1 (-16.3%)	0.00	66	0.01	64	0.01	68	0.02	62	0.07	65	0.05	59	0.02	79	0.02	68
gebackene Sorten Frucht ZAW 3 Variante Binder Reduktion 2 (-24.4%)	0.02	60	0.02	64	0.26	55	0.01	65	0.33	54	0.00	74	0.17	64	0.50	50

a=0.05 (Irrtumswahrscheinlichkeit)

Legende:
signifikanter Unterschied
kein signifikanter Unterschied

4.2.1.3 Schokolade

Tabelle 43 zeigt die Ergebnisse der «A»-«not A»-Tests für die gebackenen FSC Schokolade Zuckerausgangswert 1. Bei allen Varianten (Vorverkleisterung, Binder und Kontrast) und allen Reduktionsschritte liegen sensorisch wahrnehmbare Unterschiede zu der Standardprobe vor.

In den Vortests war dies so noch nicht absehbar. Eher das Gegenteil war der Fall: Den trainierten Prüfern fiel es tendenziell am schwersten bei der Sorte Schokolade Unterschiede zwischen den zuckerreduzierten Varianten und der Standardprobe festzustellen.

Eventuell waren die hier gewählten Reduktionsschritte zu gross.

Tabelle 43: Ergebnisse «A»-«not A»-Test Gebackene Sorten Schokolade ZAW 1

	Gesamt (n=57)		weiblich (n=33)		männlich (n=24)		Erwachsene (n=36)		Erwachsene ohne Kinder im Haushalt (n=22)		Erwachsene mit Kindern im Haushalt (n=14)		Jugendliche (n=2)		Kinder (n=19)	
	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten
gebackene Sorten Schoko ZAW1 Variante Vorverkleisterung Red 1 (-11.7%)	0.02	60	0.00	71	0.80	44	0.00	65	0.02	66	0.03	64	0.02	100	0.81	45
gebackene Sorten Schoko ZAW1 Variante Vorverkleisterung Red 2 (-18.6%)	0.01	61	0.00	67	0.38	52	0.00	64	0.04	61	0.02	68	0.12	75	0.51	53
gebackene Sorten Schoko ZAW1 Variante Binder Reduktion 2 (-17.5%)	0.00	68	0.00	70	0.02	65	0.00	69	0.01	68	0.01	71	Berechnung nicht möglich	75	0.07	63
	Gesamt (n=59)		weiblich (n=32)		männlich (n=27)		Erwachsene (n=32)		Erwachsene ohne Kinder im Haushalt (n=17)		Erwachsene mit Kindern im Haushalt (n=15)		Jugendliche (n=13)		Kinder (n=14)	
	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten
gebackene Sorten Schoko ZAW1 Variante Binder Reduktion 3 (-24.5%)	0.00	68	0.00	73	0.05	61	0.00	69	0.05	62	0.00	77	0.02	69	0.07	64
gebackene Sorten Schoko ZAW1 Variante Kontrast Reduktion 1 (-15.6%)	0.00	65	0.01	64	0.01	67	0.03	61	0.13	59	0.06	63	0.03	69	0.01	71
gebackene Sorten Schoko ZAW1 Variante Kontrast Reduktion 2 (-23.4%)	0.00	62	0.07	59	0.02	65	0.02	63	0.08	62	0.06	63	0.05	65	0.22	57

a=0.05 (Irrtumswahrscheinlichkeit)

Legende:

signifikanter Unterschied

kein signifikanter Unterschied

Tabelle 44 und Tabelle 45 zeigen die Ergebnisse der beiden weiteren Zuckerausgangswerte für die Gebackenen Sorten Schokolade. Ausgehend von den Vortests und der Herstellung wurde die Variante Binder als vielversprechendster und einfach umsetzbarer Ansatz weitergeführt.

Bei Zuckerausgangswert 2 ist beim ersten Reduktionsschritt (-11.9%) kein signifikanter Unterschied vorhanden. Der zweite Reduktionsschritt (-15.9%) unterscheidet sich signifikant zur Standardprobe. Eine stille Reduktion um bis zu 12% ist bei diesem Zuckerausgangswert also möglich.

Hinsichtlich des Zuckerausgangswerts 3 zeigt sich das gleiche Bild: der erste Reduktionsschritt (-9.1%) weist keinen signifikanten Unterschied auf, der zweite Reduktionsschritt (-13.7%) unterscheidet sich signifikant von der Standardprobe. Im Hinblick auf eine stille Reduktion kann folglich eine Reduktion des zugesetzten Zuckers um 9% ausgehend von einem Zuckerausgangswert von 19 g möglich.

Tabelle 44: Ergebnisse «A»-«not A»-Test Gebackene Sorten Schokolade ZAW 2

	Gesamt (n=54)		weiblich (n=32)		männlich (n=22)		Erwachsene (n=30)		Erwachsene ohne Kinder im Haushalt (n=13)		Erwachsene mit Kindern im Haushalt (n=17)		Jugendliche (n=7)		Kinder (n=17)	
	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten
gebackene Sorten Schoko ZAW 2 Variante Binder Reduktion 2 (-11.9%)	0.12	56	0.22	55	0.18	57	0.06	60	0.01	73	0.50	50	0.04	64	0.76	44
	Gesamt (n=55)		weiblich (n=32)		männlich (n=23)		Erwachsene (n=29)		Erwachsene ohne Kinder im Haushalt (n=13)		Erwachsene mit Kindern im Haushalt (n=16)		Jugendliche (n=15)		Kinder (n=11)	
	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten
gebackene Sorten Schoko ZAW 2 Variante Binder Reduktion 3 (-15.9%)	0.03	59	0.02	63	0.29	54	0.49	50	0.64	46	0.36	53	0.00	73	0.11	64

a=0.05 (Irrtumswahrscheinlichkeit)

Legende:
signifikanter Unterschied
kein signifikanter Unterschied

Tabelle 45: Ergebnisse «A»-«not A»-Test Gebackene Sorten Schokolade ZAW 3

	Gesamt (n=55)		weiblich (n=32)		männlich (n=23)		Erwachsene (n=29)		Erwachsene ohne Kinder im Haushalt (n=13)		Erwachsene mit Kindern im Haushalt (n=16)		Jugendliche (n=15)		Kinder (n=11)	
	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten
gebackene Sorten Schoko ZAW 3 Variante Binder Reduktion 1 (-9.1%)	0.17	55	0.32	53	0.18	57	0.09	59	0.24	54	0.08	63	0.12	60	0.91	36
gebackene Sorten Schoko ZAW 3 Variante Binder Reduktion 2 (-13.7%)	0.01	62	0.01	66	0.18	57	0.21	55	0.87	38	0.02	69	0.00	73	0.10	64

a=0.05 (Irrtumswahrscheinlichkeit)

Legende:
signifikanter Unterschied
kein signifikanter Unterschied

4.2.1.4 Fazit

Die Variante Vorverkleisterung ist bei keiner der untersuchten Geschmacksrichtungen erfolgreich gewesen und wurde daher jeweils auch nur bei Zuckerausgangswert 1 betrachtet. Obwohl bei dieser Variante die geringsten Reduktionsschritte getestet wurden, unterscheiden sich die zuckerreduzierten Varianten jeweils von der Standardprobe.

Hinsichtlich der Variante Binder sind hier die Ergebnisse der Vortests mit den trainierten Prüfern am vielversprechendsten und auch bei den Tests mit den Konsumenten erzielen diese Varianten Ergebnisse, die zeigen, dass eine stille Reduktion möglich ist. Abhängig von der Sorte und dem Zuckerausgangswert können zwischen -9% und -20% zugesetzter Zucker reduziert werden.

Die Ergebnisse für die Variante Kontrast sind leider nicht schlüssig. Es wird vermutet, dass mit dieser Variante trotz Zuckerreduktion z.T. eine intensivere Süsswahrnehmung im Vergleich zum Standard erzielt wird und die wahrgenommenen Unterschiede daher rühren. Die Resultate der Tests mit den grösseren Reduktionsschritten, zeigen aber dass auch mit dieser Variante eine stille Zuckerreduktion möglich ist.

4.2.2 Flakes

4.2.2.1 Nature

Tabelle 46 zeigt die Ergebnisse der «A»-«not A»-Tests für die Flakes Nature Zuckerausgangswert 2. Es ist ersichtlich, dass bei beiden Reduktionsschritten der Variante Aroma signifikante Unterschiede im Vergleich zum Standard wahrnehmbar sind. Eine mögliche Erklärung ist, dass das zugesetzte Vanille-Aroma aufgrund der Erhitzung die Extrusion nicht überstanden hat (private Kommunikation B. Menge 22.07.2019) und somit auch nicht die gewünschte Wirkung erzielen konnte.

Bei der Variante $CaCO_3$ liegt beim ersten Reduktionsschritten (-13.7%) kein signifikanter Unterschied vor, der zweite Reduktionsschritt (-28.0%) unterscheidet sich signifikant von der Standardprobe. Diese Variante scheint folglich für eine stille Reduktion des zugesetzten Zuckers um bis zu 14% geeignet, eine Reduktion um 28% ist sehr wahrscheinlich ein zu grosser Schritt. Eventuell sind aber auch grössere Reduktionsschritte (zwischen 14 und 28%) möglich, diese wurden hier aber nicht getestet.

Die Ergebnisse für die Variante Kontrast zeigen, dass sowohl eine stille Reduktion um 17.6% als auch um 22.0% möglich sind, beide Reduktionsschritte unterscheiden sich nicht signifikant zur Standardprobe. Möglicherweise sind auch hier grössere Reduktionsschritte denkbar.

Tabelle 46: Ergebnisse «A»-«not A»-Test Flakes Nature ZAW 2

	Gesamt (n=50)		weiblich (n=26)		männlich (n=24)		Erwachsene (n=29)		Erwachsene ohne Kinder im Haushalt (n=12)		Erwachsene mit Kindern im Haushalt (n=17)		Jugendliche (n=7)		Kinder (n=14)	
	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten
Flakes Nature ZAW2 Variante Aroma Reduktion 1 (-10.3%)	0.00	69	0.00	69	0.00	69	0.00	71	0.01	75	0.01	68	0.01	79	0.16	61
Flakes Nature ZAW2 Variante Aroma Reduktion 2 (-26.2%)	0.00	68	0.18	56	0.00	81	0.00	74	0.00	83	0.01	68	0.10	64	0.20	57
Flakes Nature ZAW2 Variante $CaCO_3$ Reduktion 1 (-13.7%)	0.16	55	0.21	56	0.28	54	0.14	57	0.03	67	0.40	50	0.14	64	0.63	46
	Gesamt (n=51)		weiblich (n=30)		männlich (n=21)		Erwachsene (n=25)		Erwachsene ohne Kinder im Haushalt (n=9)		Erwachsene mit Kindern im Haushalt (n=16)		Jugendliche (n=14)		Kinder (n=12)	
	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten
Flakes Nature ZAW2 Variante $CaCO_3$ Reduktion 2 (-28.0%)	0.00	69	0.00	67	0.00	71	0.00	70	0.19	61	0.00	75	0.13	61	0.01	75
Flakes Nature ZAW2 Variante Kontrast Reduktion 1 (-17.6%)	0.16	55	0.11	58	0.45	50	0.15	58	0.30	61	0.24	56	0.05	61	0.79	42
Flakes Nature ZAW2 Variante Kontrast Reduktion 2 (-22.0%)	0.16	55	0.22	55	0.26	55	1.10	58	0.03	72	0.57	50	0.33	54	0.50	50

a=0.05 (Irrtumswahrscheinlichkeit)

Legende:
signifikanter Unterschied
kein signifikanter Unterschied

Tabelle 47 und Tabelle 48 zeigen die Ergebnisse der beiden weiteren Zuckerausgangswerte für die Flakes Nature. Der vielversprechendste Ansatz zur Zuckerreduktion, die Variante Kontrast, wurde bei diesen beiden Zuckerausgangswerten weitergeführt.

Bei beiden Zuckerausgangswerten weisen beide Reduktionsschritte keinen signifikanten Unterschied zur jeweiligen Standardprobe auf. Somit ist ausgehend von Zuckerausgangswert 2 eine stille Reduktion des zugesetzten Zuckers um bis zu 17.7% möglich, bei Zuckerausgangswert 3 um bis zu 13%.

Beim zweiten Reduktionsschritt von ZAW 2 liegt der p-Wert mit 0.06 in der Nähe des gewählten Signifikanzniveaus von 0.05, daher kann davon ausgegangen werden, dass dieser Reduktionsschritt in der Nähe der maximal möglichen Reduktion liegt. Anders verhält sich dies beim zweiten Reduktionsschritt von ZAW 3: Hier gibt es eventuell noch Potential für eine stärkere Reduktion.

Tabelle 47: Ergebnisse «A»-«not A»-Test Flakes Nature ZAW 1

	Gesamt (n=51)		weiblich (n=31)		männlich (n=20)		Erwachsene (n=28)		Erwachsene ohne Kinder im Haushalt (n=7)		Erwachsene mit Kindern im Haushalt (n=21)		Jugendliche (n=6)		Kinder (n=17)	
	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten
Flakes Nature ZAW1 Variante Kontrast Reduktion 1 (-11.8%)	0.65	48	0.20	55	0.95	38	0.50	50	0.98	21	0.11	60	0.46	50	0.72	44
Flakes Nature ZAW1 Variante Kontrast Reduktion 2 (-17.7%)	0.06	58	0.08	58	0.24	58	0.00	70	0.68	43	0.00	79	0.11	67	0.96	35

a=0.05 (Irrtumswahrscheinlichkeit)

Legende:
signifikanter Unterschied
kein signifikanter Unterschied

Tabelle 48: Ergebnisse «A»-«not A»-Test Flakes Nature ZAW 3 Teil 1

	Gesamt (n=51)		weiblich (n=31)		männlich (n=20)		Erwachsene (n=28)		Erwachsene ohne Kinder im Haushalt (n=7)		Erwachsene mit Kindern im Haushalt (n=21)		Jugendliche (n=6)		Kinder (n=17)	
	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten
Flakes Nature ZAW3 Variante Kontrast Reduktion 1 (-6.5%)	0.41	51	0.37	52	0.50	50	0.73	45	0.50	50	0.73	43	0.14	67	0.28	56
	Gesamt (n=52)		weiblich (n=28)		männlich (n=24)		Erwachsene (n=26)		Erwachsene ohne Kinder im Haushalt (n=9)		Erwachsene mit Kindern im Haushalt (n=17)		Jugendliche (n=6)		Kinder (n=20)	
	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten
Flakes Nature ZAW3 Variante Kontrast Reduktion 2 (-13.0%)	0.27	53	0.50	50	0.23	56	0.92	40	0.69	44	0.92	38	0.34	58	0.01	68

a=0.05 (Irrtumswahrscheinlichkeit)

Legende:
signifikanter Unterschied
kein signifikanter Unterschied

4.2.2.2 Frucht

Tabelle 49 zeigt die Ergebnisse der «A»-«not A»-Tests für die Flakes Frucht Zuckerausgangswert 1. Es ist ersichtlich, dass auch hier wie bei den Flakes Nature bei beiden Reduktionsschritten der Variante Aroma signifikante Unterschiede im Vergleich zum Standard wahrnehmbar sind. Eine mögliche Erklärung ist, dass das zugesetzte Vanille-Aroma aufgrund der Erhitzung die Extrusion nicht überstanden hat (private Kommunikation B. Menge 22.07.2019) und somit auch nicht die gewünschte Wirkung erzielen konnte.

Bei der Variante $CaCO_3$ liegt bei beiden Reduktionsschritten (-18.5% resp. -37.1%) kein signifikanter Unterschied vor. Diese Variante scheint folglich für eine stille Reduktion des zugesetzten Zuckers um bis zu 37% geeignet. Eventuell sind aber auch grössere Reduktionsschritte möglich, diese wurden hier aber nicht getestet.

Die Ergebnisse für die Variante Kontrast zeigen ebenfalls, dass sowohl eine stille Reduktion um 18.3% als auch um 22.8% möglich sind, beide Reduktionsschritte unterscheiden sich nicht signifikant zur Standardprobe. Möglicherweise sind auch hier grössere Reduktionsschritte denkbar.

Tabelle 49: Ergebnisse «A»-«not A»-Test Flakes Frucht ZAW 1 Teil 1

	Gesamt (n=50)		weiblich (n=29)		männlich (n=21)		Erwachsene (n=27)		Erwachsene ohne Kinder im Haushalt (n=11)		Erwachsene mit Kindern im Haushalt (n=16)		Jugendliche (n=4)		Kinder (n=19)	
	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten
Flakes Frucht ZAW1 Variante Aroma Reduktion 1 (-12.6%)	0.01	61	0.10	59	0.03	64	0.08	59	0.02	73	0.50	50	0.34	63	0.05	63
Flakes Frucht ZAW1 Variante Aroma Reduktion 2 (-31.9%)	0.00	70	0.00	74	0.03	64	0.00	70	0.09	64	0.00	75	0.23	63	0.01	71
Flakes Frucht ZAW1 Variante $CaCO_3$ Reduktion 1 (-18.5%)	0.34	52	0.91	41	0.01	67	0.50	50	0.09	64	0.84	41	0.66	38	0.19	58
	Gesamt (n=49)		weiblich (n=29)		männlich (n=20)		Erwachsene (n=27)		Erwachsene ohne Kinder im Haushalt (n=14)		Erwachsene mit Kindern im Haushalt (n=13)		Jugendliche (n=13)		Kinder (n=9)	
	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten
Flakes Frucht ZAW1 Variante $CaCO_3$ Reduktion 2 (-37.1%)	0.34	52	0.15	57	0.74	45	0.21	56	0.22	57	0.35	54	0.50	50	0.70	44
Flakes Frucht ZAW1 Variante Kontrast Reduktion 1 (-18.3%)	0.08	57	0.22	55	0.09	60	0.02	65	0.00	79	0.50	50	0.21	58	0.93	33
Flakes Frucht ZAW1 Variante Kontrast Reduktion 2 (-22.8%)	0.28	53	0.41	52	0.23	55	0.33	54	0.88	39	0.03	69	0.22	58	0.61	44

a=0.05 (Irrtumswahrscheinlichkeit)

Legende:

signifikanter Unterschied

kein signifikanter Unterschied

Da bei den Flakes Frucht neben Zuckerausgangswert 1 nur ein weiterer Zuckerausgangswert 2 festgelegt wurde, wurden hier zwei Ansätze, die Varianten Aroma und Kontrast, weitergeführt.

Tabelle 50 zeigt die Ergebnisse dieser beiden Ansätze für den ZAW 2 bei den Flakes Frucht.

Die Variante Aroma weist beim ersten Reduktionsschritt (-17.1%) einen knapp signifikanten Unterschied zur Standardprobe auf. Beim zweiten (grösseren) Reduktionsschritt (-33.3%) besteht kein signifikanter Unterschied. Denkbar ist auch hier wieder, dass der kleinere Reduktionsschritt deshalb als signifikant unterschiedlich wahrgenommen wird, weil er als süsser empfunden wird und die Probe mit dem grösseren Reduktionsschritt sensorisch wieder näher an den Standard herankommt. Allerdings erstaunen die Ergebnisse auch, da beim Zuckerausgangswert 1 diese Variante hinsichtlich einer stillen Reduktion nicht erfolgreich zu sein scheint.

Bei beiden Reduktionsschritten der Variante Kontrast (-4.8% resp. -9.6%) kann kein signifikanter Unterschied zur Standardprobe festgestellt werden. Somit ist ausgehend von Zuckerausgangswert 2 eine stille Reduktion des zugesetzten Zuckers um bis zu 10% möglich. Eventuell sind aber auch grössere Reduktionsschritte möglich, diese wurden hier aber nicht getestet.

Die Auswahl der Varianten die beim ZAW 2 weitergeführt wurden, basierte auf den Ergebnissen der Vortests mit den trainierten Prüfern. Im Gegensatz zu den «A»-«not A»-Tests mit den Konsumenten, wo neben der Variante Kontrast auch die Variante $CaCO_3$ vielversprechende Ergebnisse liefert, ist in den Vortests die Variante Aroma als aussichtsvoll identifiziert und daher in die Tests integriert worden.

Tabelle 50: Ergebnisse «A»-«not A»-Test Flakes Frucht ZAW 2

	Gesamt (n=52)		weiblich (n=28)		männlich (n=24)		Erwachsene (n=26)		Erwachsene ohne Kinder im Haushalt (n=9)		Erwachsene mit Kindern im Haushalt (n=17)		Jugendliche (n=6)		Kinder (n=20)	
	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten
Flakes Frucht ZAW2 Variante Aroma Reduktion 1 (-17.1%)	0.04	59	0.05	61	0.19	56	0.02	63	0.14	61	0.04	65	0.16	67	0.53	50
Flakes Frucht ZAW2 Variante Aroma Reduktion 2 (-33.3%)	0.07	58	0.07	59	0.25	56	0.15	58	0.10	61	0.21	56	0.25	58	0.18	58
	Gesamt (n=59)		weiblich (n=40)		männlich (n=19)		Erwachsene (n=34)		Erwachsene ohne Kinder im Haushalt (n=18)		Erwachsene mit Kindern im Haushalt (n=16)		Jugendliche (n=16)		Kinder (n=9)	
	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten
Flakes Frucht ZAW2 Variante Kontrast Reduktion 1 (-4.8%)	0.10	56	0.26	54	0.10	61	0.68	47	0.53	50	0.77	44	0.02	69	0.07	67
Flakes Frucht ZAW2 Variante Kontrast Reduktion 2 (-9.6%)	0.23	53	0.19	55	0.51	50	0.13	57	0.01	69	0.83	44	0.66	47	0.54	50

a=0.05 (Irrtumswahrscheinlichkeit)

Legende:

signifikanter Unterschied

kein signifikanter Unterschied

4.2.2.3 Schokolade

Tabelle 51 zeigt die Ergebnisse der «A»-«not A»-Tests für die Flakes Schokolade Zuckerausgangswert 2. Wie bei den Flakes Nature und Frucht ist auch hier ersichtlich, dass bei beiden Reduktionsschritten der Variante Aroma signifikante Unterschiede im Vergleich zum Standard wahrnehmbar sind. Eine mögliche Erklärung ist, dass das zugesetzte Vanille-Aroma aufgrund der Erhitzung die Extrusion nicht überstanden hat (private Kommunikation B. Menge 22.07.2019) und somit auch nicht die gewünschte Wirkung erzielen konnte.

Die Variante $CaCO_3$ weist beim ersten Reduktionsschritt (-13.9%) einen signifikanten Unterschied zur Standardprobe auf. Beim zweiten (grösseren) Reduktionsschritt (-28.4%) besteht kein signifikanter Unterschied. Denkbar ist auch hier wieder, dass der kleinere Reduktionsschritt deshalb als signifikant unterschiedlich wahrgenommen wird, weil er als süsser empfunden wird und die Probe mit dem grösseren Reduktionsschritt sensorisch wieder näher an den Standard herankommt. Diese Variante scheint folglich für eine stille Reduktion des zugesetzten Zuckers geeignet. Hinsichtlich der Grösse der möglichen Reduktionsschritte kann aufgrund der nicht schlüssigen Resultate aber keine Empfehlung gegeben werden.

Bei der Variante Kontrast liegt bei beiden Reduktionsschritten (-29.5% resp. -36.9%) ein signifikanter Unterschied zur Standardprobe vor. Eventuell waren die hier gewählten Reduktionsschritte zu gross.

Tabelle 51: Ergebnisse «A»-«not A»-Test Flakes Schokolade ZAW 2

	Gesamt (n=50)		weiblich (n=30)		männlich (n=20)		Erwachsene (n=30)		Erwachsene ohne Kinder im Haushalt (n=14)		Erwachsene mit Kindern im Haushalt (n=16)		Jugendliche (n=3)		Kinder (n=17)	
	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten
Flakes Schoko ZAW2 Variante Aroma Reduktion 1 (-11.4%)	0.00	78	0.00	80	0.00	75	0.00	82	0.00	75	0.00	88	Berechnung nicht möglich	67	0.00	74
Flakes Schoko ZAW2 Variante Aroma Reduktion 2 (-25.9%)	0.00	75	0.00	73	0.00	78	0.00	68	0.02	61	0.00	75	0.04	83	0.00	85
Flakes Schoko ZAW2 Variante $CaCO_3$ Reduktion 1 (-13.9%)	0.02	60	0.01	67	0.45	50	0.01	67	0.10	57	0.01	75	0.50	50	0.48	50
	Gesamt (n=46)		weiblich (n=24)		männlich (n=22)		Erwachsene (n=25)		Erwachsene ohne Kinder im Haushalt (n=12)		Erwachsene mit Kindern im Haushalt (n=13)		Jugendliche (n=11)		Kinder (n=10)	
	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten
Flakes Schoko ZAW2 Variante $CaCO_3$ Reduktion 2 (-28.4%)	0.26	53	0.38	52	0.28	55	0.51	50	0.36	54	0.65	46	0.07	64	0.50	50
Flakes Schoko ZAW2 Variante Kontrast Reduktion 1 (-29.5%)	0.00	71	0.00	81	0.12	59	0.00	86	0.00	79	0.00	92	0.07	64	0.82	40
Flakes Schoko ZAW2 Variante Kontrast Reduktion 2 (-36.9%)	0.01	62	0.04	60	0.04	64	0.05	62	0.46	50	0.02	73	0.33	55	0.04	70

a=0.05 (Irrtumswahrscheinlichkeit)

Legende:

signifikanter Unterschied
kein signifikanter Unterschied

Da bei den Flakes Schokolade neben Zuckerausgangswert 2 nur ein weiterer Zuckerausgangswert 1 festgelegt wurde, wurden hier zwei Ansätze, die Varianten $CaCO_3$ und Kontrast, weitergeführt.

Tabelle 52 zeigt die Ergebnisse dieser beiden Ansätze für den ZAW 1 bei den Flakes Schokolade.

Bei beiden Zuckerausgangswerten weisen beide Reduktionsschritte keinen signifikanten Unterschied zur jeweiligen Standardprobe auf. Somit ist mithilfe der Variante $CaCO_3$ eine stille Reduktion des zugesetzten Zuckers um bis zu 21.8% möglich, bei der Variante Kontrast um bis zu 17.7%.

Der zweite Reduktionsschritt bei der Variante Kontrast entspricht der p-Wert mit 0.05 gerade dem gewählten Signifikanzniveau von 0.05, daher kann davon ausgegangen werden, dass dieser Reduktionsschritt in der Nähe der maximal möglichen Reduktion liegt. Anders verhält sich dies bei der Variante $CaCO_3$: Hier gibt es eventuell noch Potential für eine stärkere Reduktion.

Tabelle 52: Ergebnisse «A»-«not A»-Test Flakes Schokolade ZAW 1 Teil 1

	Gesamt (n=59)		weiblich (n=40)		männlich (n=19)		Erwachsene (n=34)		Erwachsene ohne Kinder im Haushalt (n=18)		Erwachsene mit Kindern im Haushalt (n=16)		Jugendliche (n=16)		Kinder (n=9)	
	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten
Flakes Schoko ZAW1 Variante $CaCO_3$ Reduktion 1 (-11.1%)	0.56	49	0.70	48	0.27	53	0.47	50	0.41	50	0.55	50	0.47	50	0.63	44
	Gesamt (n=49)		weiblich (n=27)		männlich (n=22)		Erwachsene (n=25)		Erwachsene ohne Kinder im Haushalt (n=9)		Erwachsene mit Kindern im Haushalt (n=16)		Jugendliche (n=4)		Kinder (n=20)	
	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten
Flakes Schoko ZAW1 Variante $CaCO_3$ Reduktion 2 (-21.8%)	0.58	49	0.52	50	0.57	48	0.71	46	0.34	44	0.61	47	0.34	63	0.52	50
Flakes Schoko ZAW1 Variante Kontrast Reduktion 1 (-11.8%)	0.08	57	0.03	63	0.50	50	0.31	54	0.92	33	0.04	66	0.23	63	0.11	60
Flakes Schoko ZAW1 Variante Kontrast Reduktion 2 (-17.7%)	0.05	58	0.03	63	0.41	52	0.08	60	0.31	56	0.08	63	0.23	63	0.27	55

a=0.05 (Irrtumswahrscheinlichkeit)

Legende:

signifikanter Unterschied

kein signifikanter Unterschied

4.2.2.4 Fazit

Die Variante Aroma ist bei keiner der untersuchten Geschmacksrichtungen wirklich erfolgreich gewesen. Einzig bei den Flakes Frucht ZAW 2 liegt beim zweiten Reduktionsschritt kein signifikanter Unterschied vor. Wie bereits oben erwähnt ist eine mögliche Erklärung, dass das zugesetzte Vanille-Aroma aufgrund der Erhitzung die Extrusion nicht überstanden hat (private Kommunikation B. Menge 22.07.2019) und somit auch nicht die gewünschte Wirkung erzielen konnte.

Hinsichtlich der Variante $CaCO_3$ zeigen die Ergebnisse der «A»-«not A»-Tests, dass ein stille Reduktion sehr gut zu funktionieren scheint. Eine stille Reduktion des zugesetzten Zuckers zwischen -13 und -37% (je nach Sorte und Zuckerausgangswert) ist möglich

Auch die Ergebnisse für die Variante Kontrast sind erfolgversprechend. Sowohl bei den Vortests als auch bei den Tests mit den Konsumenten erzielen diese Varianten Ergebnisse, die zeigen, dass eine stille Reduktion möglich ist. Abhängig von der Sorte und vom Zuckerausgangswert scheint mit dieser Variante eine Reduktion um bis zu 20% möglich.

4.2.3 Direct-Expanded Cereals

4.2.3.1 HoneyBalls

Tabelle 53 zeigt die Ergebnisse der «A»-«not A»-Tests für die HoneyBalls Zuckerausgangswert 1. Bei beiden Reduktionsschritten (-6.2% resp. -12.3%) der Variante Aroma ist kein Unterschied im Vergleich zum Standard wahrnehmbar. Somit ist eine stille Reduktion mit diesem Ansatz möglich. Da der p-Wert bei dem zweiten Reduktionsschritt mit 0.06 in der Nähe des gewählten Signifikanzniveaus von 0.05 liegt, kann auch davon ausgegangen werden, dass der zweite Reduktionsschritt in der Nähe der maximal möglichen Reduktion liegt.

Bei der Variante $CaCO_3$ liegt beim ersten Reduktionsschritten (-4.4%) kein signifikanter Unterschied vor, der zweite Reduktionsschritt (-6.5%) unterscheidet sich signifikant von der Standardprobe. Diese Variante scheint folglich für eine stille Reduktion des zugesetzten Zuckers um bis zu 4% geeignet, eine Reduktion um 6.5% ist sehr wahrscheinlich bereits ein zu grosser Schritt.

Tabelle 53: Ergebnisse «A»-«not A»-Test Direct-Expanded Cereals HoneyBalls ZAW 1

	Gesamt (n=54)		weiblich (n=32)		männlich (n=22)		Erwachsene (n=29)		Erwachsene ohne Kinder im Haushalt (n=15)		Erwachsene mit Kindern im Haushalt (n=14)		Jugendliche (n=12)		Kinder (n=13)	
	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten
DEC HoneyBalls ZAW1 Variante Aroma Reduktion 1 (-6.2%)	0.17	55	0.27	53	0.18	57	0.05	60	0.05	63	0.10	57	0.90	38	0.22	58
DEC HoneyBalls ZAW1 Variante Aroma Reduktion 2 (-12.3%)	0.06	57	0.02	63	0.50	50	0.00	71	0.02	67	0.00	75	0.98	29	0.31	54
DEC HoneyBalls ZAW1 Variante $CaCO_3$ Reduktion 1 (-4.4%)	0.78	46	0.57	48	0.82	43	0.69	47	0.73	47	0.76	46	0.79	42	0.52	50
	Gesamt (n=51)		weiblich (n=30)		männlich (n=21)		Erwachsene (n=24)		Erwachsene ohne Kinder im Haushalt (n=12)		Erwachsene mit Kindern im Haushalt (n=12)		Jugendliche (n=10)		Kinder (n=17)	
	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten
DEC HoneyBalls ZAW1 Variante $CaCO_3$ Reduktion 2 (-6.5%)	0.00	65	0.00	75	0.54	50	0.00	69	0.20	58	0.00	79	0.36	55	0.04	65

a=0.05 (Irrtumswahrscheinlichkeit)

Legende:

signifikanter Unterschied

kein signifikanter Unterschied

Tabelle 54 und Tabelle 55 zeigen die Ergebnisse der beiden weiteren Zuckerausgangswerte für die HoneyBalls. Der vielversprechendste Ansatz zur Zuckerreduktion, die Variante Aroma, wurde bei diesen beiden Zuckerausgangswerten weitergeführt.

Bei beiden Zuckerausgangswerten weisen beide Reduktionsschritte keinen signifikanten Unterschied zur jeweiligen Standardprobe auf. Somit ist ausgehend von Zuckerausgangswert 2 eine stille Reduktion des zugesetzten Zuckers um bis zu 10.9% möglich, bei Zuckerausgangswert 3 um bis zu 7.3%.

Beim zweiten Reduktionsschritt von ZAW 3 liegt der p-Wert mit 0.09 in der Nähe des gewählten Signifikanzniveaus von 0.05, daher kann davon ausgegangen werden, dass dieser Reduktionsschritt in der Nähe der maximal möglichen Reduktion liegt. Anders verhält sich dies beim zweiten Reduktionsschritt von ZAW 2: Hier gibt es eventuell noch Potential für eine stärkere Reduktion.

Tabelle 54: Ergebnisse «A»-«not A»-Test Direct-Expanded Cereals HoneyBalls ZAW 2

	Gesamt (n=58)		weiblich (n=40)		männlich (n=18)		Erwachsene (n=33)		Erwachsene ohne Kinder im Haushalt (n=15)		Erwachsene mit Kindern im Haushalt (n=18)		Jugendliche (n=7)		Kinder (n=18)	
	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten
DEC HoneyBalls ZAW2 Variante Aroma Reduktion 1 (-5.4%)	0.30	53	0.48	51	0.20	56	0.45	52	0.32	57	0.56	47	0.04	71	0.64	47
DEC HoneyBalls ZAW2 Variante Aroma Reduktion 2 (-10.9%)	0.83	46	0.96	41	0.25	56	0.99	35	0.92	37	0.98	33	0.26	57	0.12	61

a=0.05 (Irrtumswahrscheinlichkeit)

Legende:
signifikanter Unterschied
kein signifikanter Unterschied

Tabelle 55: Ergebnisse «A»-«not A»-Test Direct-Expanded Cereals HoneyBalls ZAW 3

	Gesamt (n=58)		weiblich (n=40)		männlich (n=18)		Erwachsene (n=33)		Erwachsene ohne Kinder im Haushalt (n=15)		Erwachsene mit Kindern im Haushalt (n=18)		Jugendliche (n=7)		Kinder (n=18)	
	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten
DEC HoneyBalls ZAW3 Variante Aroma Reduktion 1 (-3.8%)	0.29	53	0.10	58	0.82	42	0.26	53	0.35	53	0.29	53	0.04	71	0.75	44
	Gesamt (n=47)		weiblich (n=30)		männlich (n=17)		Erwachsene (n=23)		Erwachsene ohne Kinder im Haushalt (n=8)		Erwachsene mit Kindern im Haushalt (n=15)		Jugendliche (n=3)		Kinder (n=21)	
	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten
DEC HoneyBalls ZAW3 Variante Aroma Reduktion 2 (-7.3%)	0.09	56	0.10	57	0.36	56	0.07	59	0.15	63	0.14	57	0.21	67	0.44	52

a=0.05 (Irrtumswahrscheinlichkeit)

Legende:
signifikanter Unterschied
kein signifikanter Unterschied

4.2.3.2 ChocoBalls

Tabelle 56 zeigt die Ergebnisse der «A»-«not A»-Tests für die ChocoBalls Zuckerausgangswert 1.

Die Ergebnisse für die Variante Aroma sind nicht schlüssig: Der erste Reduktionsschritt (-6.5%) weist einen signifikanten Unterschied zur Standardprobe auf. Beim zweiten Reduktionsschritt (-12.9%) ist hingegen kein Unterschied im Vergleich zum Standard wahrnehmbar. Denkbar ist auch hier wieder, dass der kleinere Reduktionsschritt deshalb als signifikant unterschiedlich wahrgenommen wird, weil er als süsser empfunden wird und die Proben mit den grösseren Reduktionsschritten sensorisch wieder näher an den Standard herankommen.

Bei der Variante $CaCO_3$ liegt bei beiden Reduktionsschritten (-4.3% resp. -6.9%) kein signifikanter Unterschied vor. Somit ist eine stille Reduktion mit diesem Ansatz möglich. Eventuell ist auch eine grössere Reduktion als -6.9% zugesetzter Zucker möglich, diese wurden hier aber nicht getestet.

Tabelle 56: Ergebnisse «A»-«not A»-Test Direct-Expanded Cereals ChocoBalls ZAW 1

	Gesamt (n=51)		weiblich (n=30)		männlich (n=21)		Erwachsene (n=24)		Erwachsene ohne Kinder im Haushalt (n=12)		Erwachsene mit Kindern im Haushalt (n=12)		Jugendliche (n=10)		Kinder (n=17)	
	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten
DEC ChocoBalls ZAW1 Variante Aroma Reduktion 1 (-6.5%)	0.02	60	0.02	63	0.27	55	0.14	58	0.34	54	0.12	63	0.01	75	0.39	53
DEC ChocoBalls ZAW1 Variante Aroma Reduktion 2 (-12.9%)	0.84	45	0.61	48	0.89	40	0.81	44	0.83	42	0.64	46	0.50	50	0.74	44
	Gesamt (n=46)		weiblich (n=31)		männlich (n=15)		Erwachsene (n=23)		Erwachsene ohne Kinder im Haushalt (n=13)		Erwachsene mit Kindern im Haushalt (n=10)		Jugendliche (n=12)		Kinder (n=11)	
	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten
DEC ChocoBalls ZAW1 Variante $CaCO_3$ Reduktion 1 (-4.3%)	0.96	41	0.94	40	0.78	43	0.93	39	0.94	35	0.67	45	0.34	54	0.95	32
DEC ChocoBalls ZAW1 Variante $CaCO_3$ Reduktion 2 (-6.9%)	0.33	52	0.08	60	0.89	37	0.12	59	0.13	62	0.33	55	0.61	46	0.71	45

a=0.05 (Irrtumswahrscheinlichkeit)

Legende:

signifikanter Unterschied

kein signifikanter Unterschied

Tabelle 57 und Tabelle 58 zeigen die Ergebnisse der beiden weiteren Zuckerausgangswerte für die ChocoBalls. Auch hier wurde die Variante Aroma bei beiden Zuckerausgangswerten weitergeführt.

Bei beiden Zuckerausgangswerten weisen beide Reduktionsschritte keinen signifikanten Unterschied zur jeweiligen Standardprobe auf. Somit ist ausgehend von Zuckerausgangswert 2 eine stille Reduktion des zugesetzten Zuckers um bis zu 12.0% möglich, bei Zuckerausgangswert 3 um bis zu 10.5%.

Bei beiden Zuckerausgangswerten gibt es eventuell noch Potential für eine stärkere Reduktion, da die p-Werte mit 0.65 resp. 0.66 noch deutlich über dem gewählten Signifikanzniveau von 0.05 liegen.

Tabelle 57: Ergebnisse «A»-«not A»-Test Direct-Expanded Cereals ChocoBalls ZAW 2

	Gesamt (n=47)		weiblich (n=30)		männlich (n=17)		Erwachsene (n=23)		Erwachsene ohne Kinder im Haushalt (n=8)		Erwachsene mit Kindern im Haushalt (n=15)		Jugendliche (n=3)		Kinder (n=21)	
	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten
DEC ChocoBalls ZAW2 Variante Aroma Reduktion 1 (-7.0%)	0.69	48	0.69	47	0.65	50	0.62	48	0.26	56	0.78	43	0.50	50	0.67	48
DEC ChocoBalls ZAW2 Variante Aroma Reduktion 2 (-12.0%)	0.65	48	0.30	53	0.91	38	0.62	48	0.79	38	0.39	53	0.78	50	0.64	48

a=0.05 (Irrtumswahrscheinlichkeit)

Legende:
signifikanter Unterschied
kein signifikanter Unterschied

Tabelle 58: Ergebnisse «A»-«not A»-Test Direct-Expanded Cereals ChocoBalls ZAW 3

	Gesamt (n=49)		weiblich (n=32)		männlich (n=17)		Erwachsene (n=26)		Erwachsene ohne Kinder im Haushalt (n=14)		Erwachsene mit Kindern im Haushalt (n=12)		Jugendliche (n=19)		Kinder (n=4)	
	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten
DEC ChocoBalls ZAW3 Variante Aroma Reduktion 1 (-5.2%)	0.58	49	0.50	50	0.59	47	0.83	44	0.71	46	0.77	42	0.63	47	0.01	88
DEC ChocoBalls ZAW3 Variante Aroma Reduktion 2 (-10.5%)	0.66	48	0.62	48	0.63	47	0.30	54	0.06	64	0.83	42	0.63	47	0.99	13

a=0.05 (Irrtumswahrscheinlichkeit)

Legende:
signifikanter Unterschied
kein signifikanter Unterschied

4.2.3.3 HoneyPops

Tabelle 59 zeigt die Ergebnisse der «A»-«not A»-Tests für die HoneyBalls Zuckerausgangswert 1. Bei beiden Reduktionsschritten (-10.4% resp. -17.5%) der Variante Aroma ist kein Unterschied im Vergleich zum Standard wahrnehmbar. Somit ist eine stille Reduktion mit diesem Ansatz möglich.

Bei der Variante $CaCO_3$ liegt beim ersten Reduktionsschritten (-8.4%) kein signifikanter Unterschied vor, der zweite Reduktionsschritt (-10.9%) unterscheidet sich signifikant von der Standardprobe. Diese Variante scheint folglich für eine stille Reduktion des zugesetzten Zuckers um bis zu 8.4% geeignet, eine Reduktion um 10.9% ist sehr wahrscheinlich bereits ein zu grosser Schritt, auch wenn der p-Wert mit 0.04 nur knapp unter dem gewählten Signifikanzniveau von 0.05 liegt.

Tabelle 59: Ergebnisse «A»-«not A»-Test Direct-Expanded Cereals HoneyPops ZAW 1

	Gesamt (n=46)		weiblich (n=31)		männlich (n=15)		Erwachsene (n=23)		Erwachsene ohne Kinder im Haushalt (n=13)		Erwachsene mit Kindern im Haushalt (n=10)		Jugendliche (n=12)		Kinder (n=11)	
	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten
DEC HoneyPops ZAW1 Variante Aroma Reduktion 1 (-10.4%)	0.11	57	0.01	65	0.91	40	0.12	59	0.34	54	0.08	65	0.22	58	0.40	50
	Gesamt (n=52)		weiblich (n=34)		männlich (n=18)		Erwachsene (n=30)		Erwachsene ohne Kinder im Haushalt (n=17)		Erwachsene mit Kindern im Haushalt (n=13)		Jugendliche (n=17)		Kinder (n=5)	
	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten
DEC HoneyPops ZAW1 Variante Aroma Reduktion 2 (-17.5%)	0.16	55	0.16	56	0.45	53	0.42	52	0.75	47	0.23	58	0.04	65	0.79	40
DEC HoneyPops ZAW1 Variante $CaCO_3$ Reduktion 1 (-8.4%)	0.15	55	0.20	54	0.26	56	0.22	55	0.37	53	0.17	58	0.13	59	0.74	40
DEC HoneyPops ZAW1 Variante $CaCO_3$ Reduktion 2 (-10.9%)	0.04	59	0.01	63	0.50	50	0.04	62	0.12	62	0.12	62	0.09	62	0.90	30

a=0.05 (Irrtumswahrscheinlichkeit)

Legende:

signifikanter Unterschied

kein signifikanter Unterschied

Tabelle 60 und Tabelle 61 zeigen die Ergebnisse der beiden weiteren Zuckerausgangswerte für die HoneyPops. Der vielversprechendste Ansatz zur Zuckerreduktion, die Variante Aroma, wurde bei diesen beiden Zuckerausgangswerten weitergeführt.

Bei beiden Zuckerausgangswerten weisen beide Reduktionsschritte keinen signifikanten Unterschied zur jeweiligen Standardprobe auf. Somit ist ausgehend von Zuckerausgangswert 2 eine stille Reduktion des zugesetzten Zuckers um bis zu 20.4% möglich, bei Zuckerausgangswert 3 um bis zu 13.0%.

Bei beiden Zuckerausgangswerten gibt es eventuell noch Potential für eine stärkere Reduktion, da die p-Werte mit 0.22 resp. 0.42 deutlich über dem gewählten Signifikanzniveau von 0.05 liegen.

Tabelle 60: Ergebnisse «A»-«not A»-Test Direct-Expanded Cereals HoneyPops ZAW 2

	Gesamt (n=49)		weiblich (n=32)		männlich (n=17)		Erwachsene (n=26)		Erwachsene ohne Kinder im Haushalt (n=14)		Erwachsene mit Kindern im Haushalt (n=12)		Jugendliche (n=19)		Kinder (n=4)	
	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten
DEC HoneyPops ZAW2 Variante Aroma Reduktion 1 (-13.2%)	0.49	50	0.17	56	0.90	38	0.28	54	0.35	54	0.34	54	0.74	45	0.57	50
	Gesamt (n=53)		weiblich (n=33)		männlich (n=20)		Erwachsene (n=27)		Erwachsene ohne Kinder im Haushalt (n=9)		Erwachsene mit Kindern im Haushalt (n=18)		Jugendliche (n=4)		Kinder (n=22)	
	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten
DEC HoneyPops ZAW2 Variante Aroma Reduktion 2 (-20.4%)	0.22	54	0.17	56	0.45	50	0.41	52	0.54	50	0.37	53	0.04	75	0.34	52

a=0.05 (Irrtumswahrscheinlichkeit)

Legende:
signifikanter Unterschied
kein signifikanter Unterschied

Tabelle 61: Ergebnisse «A»-«not A»-Test Direct-Expanded Cereals HoneyPops ZAW 3

	Gesamt (n=53)		weiblich (n=33)		männlich (n=20)		Erwachsene (n=27)		Erwachsene ohne Kinder im Haushalt (n=9)		Erwachsene mit Kindern im Haushalt (n=18)		Jugendliche (n=4)		Kinder (n=22)	
	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten	p-Wert	% richtige Antworten
DEC HoneyPops ZAW3 Variante Aroma Reduktion 1 (-6.5%)	0.15	55	0.25	55	0.18	55	0.60	50	0.41	50	0.62	50	0.04	75	0.11	57
DEC HoneyPops ZAW3 Variante Aroma Reduktion 2 (-13.0%)	0.42	51	0.69	47	0.14	58	0.71	46	0.35	61	0.92	39	0.43	50	0.20	57

a=0.05 (Irrtumswahrscheinlichkeit)

Legende:
signifikanter Unterschied
kein signifikanter Unterschied

4.2.3.4 Fazit

Sowohl die Variante $CaCO_3$ als auch die Variante Aroma erzielen über alle betrachteten Sorten (HoneyBalls, ChocoBalls, HoneyPops) ausgehend von Zuckerausgangswert 1 Ergebnisse, die zeigen, dass eine stille Reduktion möglich ist.

Bei den weiteren Zuckerausgangswerten 2 und 3 wurde bei allen Sorten nur die Variante Aroma weitergeführt, da hier ein grösseres Reduktionspotential vermutet wird und die Herstellung weniger aufwändig ist im Vergleich zu Variante $CaCO_3$.

Mit der Variante Aroma ist eine stille Reduktion des zugesetzten Zuckers zwischen -7% und -13% (je nach Sorte und Zuckerausgangswert) ist möglich. Abhängig von der Sorte ist mit der Variante $CaCO_3$ beim Zuckerausgangswert 1 eine Reduktion zwischen -5% bis -8% möglich.

Leider war es nicht möglich die angestrebte dritte Variante (mehrschichtiges Coating) innerhalb der Projektlaufzeit soweit zu bringen, dass eine standardisierte Herstellung möglich war. Diese Variante konnte daher nicht in den «A»-«not A»-Tests untersucht werden.

4.2.4 Reduktionsschritte

Die Grösse der einzelnen Reduktionsschritte ist abhängig von der Produktkategorie und dem gewählten Ansatz zur Zuckerreduktion, dies ist aus den Ergebnissen der «A»-«not A»-Tests ersichtlich. Einen Einfluss hat sehr wahrscheinlich auch, von welcher Zielgruppe das Produkt konsumiert (vgl. Kapitel 4.2.5) wird. Da aber grundsätzlich die Produkte auf dem Markt frei erhältlich sind und nicht kontrolliert werden kann, wer welches Produkt konsumiert, wird hier wieder auf die Gesamtheit der Prüfpersonen Bezug genommen.

Die nachfolgenden Tabellen fassen die möglichen Reduktionsschritte basierend auf den Ergebnissen aus den Kapiteln 4.2.1, 4.2.2 und 4.2.3 zusammen. Zu beachten ist, dass die Zuckerausgangswerte sich je nach Geschmacksrichtung/Sorte unterscheiden und somit auch der Quervergleich zwischen den Sorten nicht möglich ist. Der Vermerk «Nicht erfolgreich» bedeutet, dass keiner der getesteten Reduktionsschritte einen nicht signifikanten Unterschied zur Standardprobe aufweist (getestete Reduktionsschritte evtl. zu gross).

Tabelle 62: Übersicht mögliche Reduktionsschritte Gebackene Sorten

	ZAW 1			ZAW 2	ZAW 3
	Variante Vorverkleis-terung	**Variante Binder**	**Variante Kontrast**	**Variante Binder**	**Variante Binder**
Nature	nicht erfolgreich	-20.2%	-14.1%[6]	-10.1%	nicht erfolgreich
Frucht	nicht erfolgreich	-20.1%[6]	-14.1%[6]	nicht erfolgreich	nicht erfolgreich
Schokolade	nicht erfolgreich	nicht erfolgreich	nicht erfolgreich	-11.9%	-9.1%

Tabelle 63: Übersicht mögliche Reduktionsschritte Flakes

	ZAW 1			ZAW 2			ZAW 3		
	Variante Aroma	**Variante $CaCO_3$**	**Variante Kontrast**	**Variante Aroma**	**Variante $CaCO_3$**	**Variante Kontrast**	**Variante Aroma**	**Variante $CaCO_3$**	**Variante Kontrast**
Nature			-17.7%	nicht erfolg-reich	-13.7%	-22.0%			-13.0%
Frucht	nicht erfolgreich	-37.1%	-22.8%	-33.3%[6]		-9.6%			
Scho-kolade		-21.8%	-17.7%	nicht erfolgreich	-28.4%[6]	nicht erfolgreich			

Legende: Grau hinterlegte Felder = Produkte nicht im Test

[6] Der grössere Reduktionsschritt zeigt hier keinen signifikanten Unterschied zum entsprechenden Standard. Es ist aber zu beachten, dass beim kleineren der ausgetesteten Reduktionsschritte ein signifikanter Unterschied zur Standardprobe vorliegt.

Tabelle 64: Übersicht mögliche Reduktionsschritte Direct-Expanded Cereals

	ZAW 1		ZAW 2	ZAW 3
	Variante Aroma	Variante $CaCO_3$	Variante Aroma	Variante Aroma
HoneyBalls	-12.3%	-4.4%	-10.9%	-7.3%
ChocoBalls	-12.9%[6]	-6.9%	-12.0%	-10.5%
HoneyPops	-17.5%	-10.9%	-20.4%	-13.0%

Die gefundenen möglichen Reduktionsschritte sind gleich gross oder grösser als die in der Literatur gefundenen Empfehlungen von 5% (Gibson et al. 2017), 6.7% (Oliveira et al. 2016) resp. 8.5% (de Oliveira Pineli et al. 2016), wobei beachtet werden muss, dass diese Studien keine Frühstückscerealien, sondern andere Lebensmittel untersucht haben.

In einer eigenen Studie mit trainierten Prüfern wurde der Schwellenwert für Süsse in einer Probenmatrix mit Haferflocken und Milch untersucht. Anzumerken ist hier, dass der Zucker in der Milch gelöst wurde, um eine gleichmässige Verteilung sicherzustellen. Die Resultate zeigen hier, dass – ausgehend von 16.3 g zugesetztem Zucker – eine stille Reduktion auf 15.7 g zugesetzter Zucker (-3.7%) möglich ist (Portmann 2018).

4.2.5 Vergleich unterschiedlicher Zielgruppen

Neben dem regelmässigen Konsum von FSC (mindestens dreimal pro Woche), welcher Voraussetzung für die Teilnahme am Test war, wurden während der Rekrutierung Geschlecht und Alter sowie bei den Erwachsenen noch zusätzlich, ob Kinder mit im Haushalt leben, erhoben.

Anhand dieser Daten wurden die durchgeführten Tests auch für folgende Zielgruppen ausgewertet: Frauen, Männer, Erwachsene, Erwachsene ohne Kinder im Haushalt, Erwachsene mit Kindern im Haushalt, Jugendliche, Kinder.

Die nachfolgende Tabelle 65 gibt eine Übersicht wie viel Prozent der durchgeführten Tests ein signifikantes Ergebnis liefern, d.h. bei wie vielen Tests ein wahrnehmbarer Unterschied vorliegt. Dadurch können Annahmen getroffen werden, ob es allfällige Unterschiede hinsichtlich der Sensitivität zwischen den unterschiedlichen Zielgruppen gibt. Die einzelnen Ergebnisse jeder Zielgruppe pro Test können Tabelle 37 bis Tabelle 61 entnommen werden.

Tabelle 65: Anteil signifikanter Tests pro Zielgruppe

	Anteil signifikanter Tests (%)							
	Gesamt	**Frauen**	**Männer**	**Erwachsene**	**Erwachsene ohne Kinder im HH**	**Erwachsene mit Kindern im HH**	**Jugendliche**	**Kinder**
Flakes (alle Geschmacksrichtungen)	36.67	36.67	30.00	36.67	33.33	43.33	13.33	20.00
gebackene FSC (alle Geschmacksrichtungen)	73.33	66.67	26.67	53.33	26.67	56.67	43.33	20.00
direct-expanded Cereals (alle Geschmacksrichtungen)	12.50	20.83	0.00	12.50	8.33	8.33	25.00	8.33
Nature (alle Kategorien)	30.56	33.33	11.11	30.56	22.22	33.33	30.56	11.11
Frucht (alle Kategorien)	55.00	45.00	30.00	45.00	25.00	45.00	20.00	25.00
Schokolade (alle Kategorien)	50.00	53.57	25.00	35.71	25.00	39.29	28.57	17.86
Total (alle Kategorien und Geschmacksrichtungen)	42.86	42.86	20.24	35.71	23.81	38.10	27.38	16.67

Legende: HH = Haushalt

Generell fällt auf, dass bei den Gebackenen Sorten mehr signifikante Unterschiede vorhanden sind im Vergleich zu den Flakes und den Direct-Expanded Cereals (73% vs. 37% resp. 13%). Eine mögliche Erklärung könnte sein, dass die Gebackenen Sorten in einem kleinen Massstab produziert wurden und einige Schritte händisch durchgeführt wurden, so dass es hier evtl. zu Unterschieden kommen konnte.

Stellt man die Ergebnisse von Frauen und Männern gegenüber, wird ersichtlich, dass bei den Frauen mehr Tests mit signifikanten Unterschieden existieren als bei den Männern.

Der Vergleich der Erwachsenen mit den Jugendlichen sowie mit den Kindern zeigt, dass sowohl bei den Jugendlichen als auch insbesondere bei den Kindern weniger Tests einen signifikanten Unterschied aufweisen im Vergleich zu den Erwachsenen. Einzig bei den Direct-Expanded Cereals scheinen die Jugendlichen eine höhere Sensitivität zu haben als die Erwachsenen (und bei der Geschmacksrichtung Nature erreichen Jugendliche und Erwachsene denselben Wert).

Vergleicht man die Resultate von Erwachsenen mit Kindern im Haushalt mit jenen von Erwachsenen ohne Kinder im Haushalt, so zeigt sich, dass bei Erwachsenen ohne Kinder im Haushalt weniger Tests mit signifikantem Unterschied vorkommen (nur bei den Direct-Expanded Cereals identischer Wert bei beiden Gruppen).

Zu beachten ist bei diesen Vergleichen zwischen den einzelnen Zielgruppen, dass diese bei den einzelnen Tests nicht immer gleich gross waren. So sind z.B. generell bei den Tests mehr Frauen als Männer vertreten. Die Gruppe der Erwachsenen ist aufgrund der angestrebten Quoten bei Rekrutierung schon grösser als die einzelnen Gruppen der Kinder und Jugendlichen (vgl. Kapitel 3.2, Abschnitt Prüfpersonen).

Eine Erklärung für die eher geringe Anzahl Tests mit einem signifikanten Ergebnis bei den Kindern könnte sein, dass die Kinder trotz der Erläuterungen und der im Vergleich zu den anderen Gruppen intensiveren Betreuung während der Testdurchführung Schwierigkeiten mit der Umsetzung des «A»-«not A»-Tests hatten. Diese Testmethodik setzt voraus, dass sich eine «A»-Probe eingeprägt wird und man die darauffolgenden Proben mit dieser Erinnerung vergleicht. Möglicherweise war die kognitive Herausforderung für diese Zielgruppe zu anspruchsvoll.

Falls die Thematik der unterschiedlichen Sensitivität bei den unterschiedlichen Zielgruppen weiterverfolgt werden soll, wird empfohlen weitere Studien (ggf. mit unterschiedlichen Produkten) durchzuführen, um die jeweiligen Schwellenwerte für Süsse zu ermitteln (z.B. über paarweise Vergleiche wie bei der laufenden Studie der Agroscope zur Zuckerreduktion in Joghurt).

4.3 Zeitintervalle

Da im vorgegebenen Projektzeitraum die Durchführung eigener Studien zur Ermittlung der Zeitintervalle zwischen den einzelnen Reduktionsschritten nicht möglich gewesen wäre, werden die Empfehlungen für die Zeitintervalle basierend auf der Literaturrecherche ausgesprochen.

Studien zur Zuckerreduktion bei Schokoladenmilch resp. Orangensaft geben die Empfehlung, die Reduktionsschritte jeweils im zeitlichen Abstand von einem Jahr zu implementieren (Oliveira et al. 2016, de Oliveira Pineli et al. 2016). Eine Erläuterung, wieso dieses Zeitintervall empfohlen wird, wird in den Studien aber nicht gegeben. Eine mögliche Erklärung könnte der Effekt der Habituation[7] sein, welcher auf Stufe der Rezeptoren zu einer Gewöhnung an die Intensität führen kann. Daraus folgt die Empfehlung, die Zuckerreduktion in zeitlichen Stufen von jeweils einem Jahr durchzuführen (Buchecker und Matullat 2012).

Andere Studien zeigen, dass eine Habituation auch schneller als innerhalb eines Jahres geschehen kann (Wise et al. 2016, Methven et al. 2012). Allerdings wurden die Probanden in diesen Studien eher häufig mit den entsprechenden Produkten konfrontiert (Methven et al. 2012) resp. es wurde nicht nur bei einem Produkt der zuckerreduziert, sondern die komplette Ernährung zuckerarm eingestellt (Wise et al. 2016). In der Studie von Wise et al. wurde zudem festgestellt, dass sobald die die Probanden ihre Ernährung wieder selbst bestimmen konnten, der Effekt der Sensibilisierung wieder zunichte war.

Erinnerung und Gedächtnisbildung ist ein sehr komplexer aber auch dynamischer Prozess (Nadel et al. 2012). Solch eine Modifizierung geschieht nicht von einen auf den anderen Tag. Es bedarf Zeit bis z.B. ein neues Verhalten auch beibehalten wird und im Langzeitgedächtnis abgespeichert wird. Auch ein gewisses Training ist notwendig, damit neu erlernte Dinge in einen Automatismus übergehen. Wie lange eine solche Modifikation dauert ist nicht genau definiert. Einige Wissenschaftler sprechen von bis zu drei Jahren bis neue Verhaltensmuster z.B. in Bezug auf Ernährung wirklich tief verankert sind und automatisiert ausgeführt werden (Zeug 2013). Dies erklärt möglicherweise die Ergebnisse der oben aufgeführten Studie von Wise et al. (2016) und Methven et al. (2012), wo die Intervention fünf Monate resp. acht Werktage dauerte. Innerhalb der Dauer der Intervention konnte der Geschmacksschwellenwert zwar gesenkt werden, nach der Intervention war das Verhaltensmuster resp. der Schwellenwert aber noch nicht so verankert, dass das neue Verhaltensmuster beibehalten wurde.

In einer Studie mit Kindern im Alter von zehn bis vierzehn Jahren wurde im Schulsetting untersucht, ob sich die Sensitivität für süss bei Kindern verändern lässt. Dazu wurde eine zehntägige Sensibilisierungsphase (zwei Schulwochen) durchgeführt. Während dieser Phase wurde täglich ein Apfelgetränk gereicht, dessen Zuckerkonzentration jeweils um 10% des Vorwertes reduziert wurde. Der Vergleich der Ergebnisse, des zu Beginn und am Ende dieser Sensibilisierungsphase

[7] Der Begriff Habituation bedeutet in der Lebensmittelsensorik, sich an einen Geschmack, Geruch oder an andere Sinneswahrnehmung infolge von mehrmaligem Kontakt zu gewöhnen. Dieser Gewöhnungsprozess ist mit einer positiven hedonischen Bewertung eines Lebensmittels verbunden. Die Veränderung der Wahrnehmung bei der Habituation findet auf der Ebene des zentralen Nervensystems statt und ist somit eine zentrale Modulation.

durchgeführten Geschmacksschwellentests für süss, zeigt, dass der Geschmacksschwellenwert tendenziell gesenkt werden konnte (Ergebnisse nicht signifikant) (Keller 2019).

Lally et al. (2010) sprechen allgemein von durchschnittlich 66 Tagen, die benötigt werden, um bestimmte Gewohnheiten zu verändern, d.h. neu erlerntes Verhalten auch zu verankern und umzusetzen. Dabei muss man aber die Individualität der einzelnen Menschen betrachten. Manche brauchen auch bis zu einem Jahr, andere sind wiederum schneller in der Umsetzung. Wichtig ist vor allem neue Verhaltensweisen zu wiederholen und dies in regelmäßigen Abständen und über einen gewissen Zeitraum hinweg.

Ergänzend wurden im Januar 2018 Telefoninterviews mit Personen aus der Cerealien-Branche sowie aus dem Detailhandel und aus den Bereichen Gesundheit / Ernährung / Konsumentenschutz durchgeführt. Dabei wurde nach Erfahrungen, wie weit Reduktionsschritte (zeitlich gesehen) auseinanderliegen sollten, um zu ermöglichen, dass die Konsumenten sich an den leicht veränderten Geschmack gewöhnen können, gefragt. Hierbei zeigt sich, dass der Abstand zwischen den einzelnen Reduktionsschritten von den Befragten auf ½ bis 1 Jahr eingeschätzt wird. Diese Angabe basiert bei den Befragten aus der Cerealienbranche und dem Detailhandel mehrheitlich auf den logistischen Möglichkeiten (z.B. Aufbrauchen von Verpackungsmaterial, Rohstoffen, ...) und weniger auf allfälligen geschmacklichen Anpassungen, die die Konsumenten durchlaufen. Hier kam von den Befragten aus dem Bereich Gesundheit/Konsumentenschutz, die Anmerkung, dass die Wahrnehmung/das Geschmacksempfinden sehr individuell ist und durch viele Faktoren beeinflusst wird.

In Kombination mit den Ergebnissen aus Kapitel 4.2.4 werden die in den nachfolgenden Tabelle 66, Tabelle 67 und Tabelle 68 dargestellten Reduktionsschritte (ausgehend von ZAW 1) pro Zeitintervall (1 Jahr) empfohlen, welche «still» möglich sein sollten. Diese Empfehlungen basieren auf den Erkenntnissen des Projekts, sind aber in dieser Form teilweise nicht explorativ analysiert worden.

Tabelle 66: Reduktionsschritte und Zeitintervalle Gebackene Sorten

<table>
<tr><th></th><th colspan="3">Variante Vorverkleisterung</th><th colspan="3">Variante Binder</th><th colspan="3">Variante Kontrast</th></tr>
<tr><th></th><th>Nature</th><th>Frucht</th><th>Schokolade</th><th>Nature</th><th>Frucht</th><th>Schokolade</th><th>Nature</th><th>Frucht</th><th>Schokolade</th></tr>
<tr><td>Ausgangswert zugesetzter Zucker pro 100 g [g]</td><td>21.5</td><td>21.6</td><td>26.6</td><td>21.5</td><td>21.6</td><td>26.6</td><td>21.5</td><td>21.6</td><td>26.6</td></tr>
<tr><td>Reduktion Jahr 1</td><td colspan="3" rowspan="2">Nicht erfolgreich</td><td>-20%</td><td>-20%</td><td>-10%</td><td>-14%</td><td>-14%</td><td rowspan="2">Nicht erfolgreich</td></tr>
<tr><td>Gehalt an zugesetztem Zucker nach 1 Jahr [g]</td><td>17.2</td><td>17.3</td><td>23.9</td><td>18.5</td><td>18.6</td></tr>
<tr><td>Reduktion Jahr 2</td><td colspan="3" rowspan="4"></td><td>-10%</td><td rowspan="4">Nicht erfolgreich</td><td>-12%</td><td colspan="3" rowspan="4"></td></tr>
<tr><td>Gehalt an zugesetztem Zucker nach 2 Jahren [g]</td><td>15.5</td><td>21.1</td></tr>
<tr><td>Reduktion Jahr 3</td><td rowspan="2">Nicht erfolgreich</td><td>-9%</td></tr>
<tr><td>Gehalt an zugesetztem Zucker nach 3 Jahren [g]</td><td>19.2</td></tr>
</table>

Legende: Grau hinterlegte Felder = Produkte nicht im Test

Tabelle 67: Reduktionsschritte und Zeitintervalle Flakes

	Variante Aroma			Variante $CaCO_3$			Variante Kontrast		
	Nature	Frucht	Schokolade	Nature	Frucht	Schokolade	Nature	Frucht	Schokolade
Ausgangswert zugesetzter Zucker pro 100 g [g]	25.4	15.1	25.2	20.4	15.1	25.2	25.4	15.1	25.2
Reduktion Jahr 1		Nicht erfolgreich		-14%	-37%	-22%	-18%	-23%	-18%
Neuer Ausgangswert 1 [g]	20.4[8]	11.1[8]	20.2[8]	17.5	9.5	19.7	20.8	11.6	20.7
Reduktion Jahr 2	Nicht erfolgreich	-33%	Nicht erfolgreich			-28	-22%	-10%	Nicht erfolgreich
Neuer Ausgangswert 2 [g]		7.4				14.2	16.2	10.5	
Reduktion Jahr 3							-13%		
Gehalt an zugesetztem Zucker nach 3 Jahren [g]							14.1		

Legende: Grau hinterlegte Felder = Produkte nicht im Test

[8] wenn höhere ZAW's nicht im Test waren oder kein erfolgreiches Testergebnis erzielt wurde, wurde von dem nächst niedrigeren ZAW ausgegangen

Tabelle 68: Reduktionsschritte und Zeitintervalle Direct-Expanded Cereals

	Variante Aroma			Variante $CaCO_3$		
	HoneyBalls	ChocoBalls	HoneyPops	HoneyBalls	ChocoBalls	HoneyPops
Ausgangswert zugesetzter Zucker pro 100 g [g]	33.8	29	29.6	33.8	29	29.6
Reduktion Jahr 1	-12%	-13%	-17%	-4%	-7%	-11%
Neuer Ausgangswert 1 [g]	29.7	25.2	24.6	32.4	27.0	26.3
Reduktion Jahr 2	-11%	-12%	-20%			
Neuer Ausgangswert 2 [g]	26.5	22.2	19.7			
Reduktion Jahr 3	-7%	-10%	-13%			
Gehalt an zugesetztem Zucker nach 3 Jahren [g]	24.6	20.0	17.1			

Legende: Grau hinterlegte Felder = Produkte nicht im Test

Auch aus diesen Daten der Tabelle 66, Tabelle 67 und Tabelle 68 geht hervor, dass die Grösse der Zuckerreduktion nicht nur abhängig vom gewählten Ansatz ist, sondern auch von der Produktkategorie und Sorte.

So ist z.B. bei den Gebackenen Sorten (Tabelle 66) die Variante Binder bei der Sorte Schokolade erfolgreicher im Vergleich zu den Sorten Nature oder Frucht. Über drei Jahre hinweg ist es denkbar – mit den entsprechenden Zwischenschritten – von einem Zuckerausgangswert von 26.6 g zugesetztem Zucker auf 19.2 g zugesetzten Zucker (pro 100 g) zu kommen.

Auch bei den Flakes (Tabelle 67) wird deutlich, dass es keinen allgemein gültigen besten Ansatz zur Zuckerreduktion gibt. Bei der Sorte Nature ist die Variante Kontrast vielversprechend, hier scheint es mit den entsprechenden Zwischenschritten möglich innerhalb von drei Jahren eine Reduktion von 25.4 g zugesetztem Zucker auf 14.1 g zugesetztem Zucker (pro 100 g) zu erreichen. Bei der Sorte Schokolade ist eine ähnliche Reduktion (von 25.2 g zugesetztem Zucker auf 14.2 g zugesetztem Zucker / pro 100 g) mit der Variante $CaCO_3$ möglicherweise sogar innerhalb von zwei Jahren umsetzbar.

Bei den Direct-Expanded Cereals (Tabelle 68) scheinen die Ergebnisse etwas weniger abhängig von der jeweiligen Sorte zu sein. Eine mögliche Erklärung ist, dass die Zuckerreduktion bei dieser Produktkategorie über das Coating erfolgte, wodurch – im Vergleich zu den Flakes und den Gebackenen Sorten – weniger Anpassungen hinsichtlich Rezeptur und Herstellung vorgenommen werden mussten. Wie im Kapitel 4.2.3 bereits erläutert, sind sowohl die Variante $CaCO_3$ als auch die Variante Aroma über alle betrachteten Sorten (HoneyBalls, ChocoBalls, HoneyPops) erfolgreich. Bei den HoneyBalls scheint es mit den entsprechenden Zwischenschritten möglich den zugesetzten Zucker ausgehend von 33.8 g innerhalb von drei Jahren auf 24.6 g zu reduzieren. Auch bei den ChocoBalls (von 29.0 g auf 20.0 g) und HoneyPops (von 29.6 g auf 17.1 g) ist eine Reduktion in einem ähnlichen Masse umsetzbar.

4.4 Zuckeranalysen

Die Zuckeranalysen wurden zusätzlich zu den offerierten Leistungen durchgeführt. Insbesondere für die Gebackenen Sorten Variante Vorverkleisterung äusserte das BLV den Wunsch dies zu realisieren.

Daher wurden in der Kategorie Gebackene Sorten alle Proben der Variante Vorverkleisterung sowie die entsprechenden Standardproben analysiert. Für die Kategorien Flakes und Direct-Expanded Cereals wurden die Proben so gewählt, dass jeder Reduktionsansatz vertreten ist und jede Geschmacksrichtung.

Zu erwähnen ist, dass die Zuckeranalysen den Gesamtzuckergehalt messen, d.h. dies entspricht nicht dem zugesetzten Zucker, sondern es wird jeglicher im Produkt enthaltener Zucker analysiert.

Tabelle 69 zeigt die Ergebnisse der Analyse hinsichtlich Gesamtzucker sowie die auf Basis der Rezepturen berechnete Menge an zugesetztem Zucker sowie die prozentuale Abweichung des berechneten Werts im Vergleich zum analytischen Wert. Rohdaten und einzelne Analyse Ergebnisse sind dem Anhang J zu entnehmen.

Tabelle 69: Vergleich Zuckeranalyse vs. berechneter zugesetzter Zucker

Probe	Analyse Gesamtzucker [g / 100 g]	Berechnete Menge zugesetzter Zucker [g / 100 g]	prozentuale Abweichung Gesamtzucker vs. zugesetzter Zucker [%]
Gebackene Sorten Nature ZAW1	23.0	21.5	6.3
Gebackene Sorten Nature Vorverkl. Red1	22.8	20.7	9.1
Gebackene Sorten Nature Vorverkl. Red2	21.5	18.6	13.3
Gebackene Sorten Frucht ZAW1	24.3	21.6	10.9
Gebackene Sorten Frucht Vorverkl. Red1	22.7	20.6	9.1
Gebackene Sorten Frucht Vorverkl. Red2	22.6	18.8	16.9
Gebackene Sorten Schoko ZAW1	27.3	26.6	2.7
Gebackene Sorten Schoko Vorverkl. Red1	24.9	23.5	5.7
Gebackene Sorten Schoko Vorverkl. Red2	25.7	21.6	15.8
Flakes Nature ZAW2	23.3	20.4	12.4
Flakes Nature ZAW2 Aroma Red1	17.9	18.3	-2.2
Flakes Nature ZAW2 Aroma Red2	14.7	15.1	-2.7
Flakes Frucht ZAW1	18.1	15.1	16.6
Flakes Frucht ZAW1 $CaCO_3$ Red1	14.8	12.3	16.9
Flakes Frucht ZAW1 $CaCO_3$ Red2	11.5	9.4	18.3
Flakes Schoko ZAW2	21.6	20.2	6.5
Flakes Schoko ZAW2 Kontrast Red1	16.3	14.2	12.9
Flakes Schoko ZAW2 Kontrast Red2	14.3	12.7	11.2

Probe	Analyse Gesamtzucker [g / 100 g]	Berechnete Menge zugesetzter Zucker [g / 100 g]	prozentuale Abweichung Gesamtzucker vs. zugesetzter Zucker [%]
HoneyBalls ZAW1	32.8	33.8	-3.0
HoneyBalls ZAW1 Aroma Red1	32.6	31.7	2.8
HoneyBalls ZAW1 Aroma Red2	30.3	29.7	2.0
HoneyPops ZAW1	30.9	29.6	4.2
HoneyPops ZAW1 $CaCO_3$ Red1	26.9	27.1	-0.7
HoneyPops ZAW1 $CaCO_3$ Red2	31.4	26.4	15.9
ChocoBalls ZAW1	27.6	29.0	-5.1
ChocoBalls ZAW1 Aroma Red1	25.6	27.2	-6.2
ChocoBalls ZAW1 $CaCO_3$ Red1	25.7	27.8	-8.2

Legende: Red = Reduktion
Vorverkl. = Vorverkleisterung

Es verwundert nicht, dass die Werte der Analyse in der Regel grösser sind als die berechneten Werte, da – wie oben geschrieben – hier der Gesamtzucker mit dem zugesetzten Zucker verglichen wird. Bei der Analyse des Gesamtzuckergehalts werden sämtliche Mono- und Disaccharide zusammengefasst, dies beinhaltet sowohl den zugesetzten Zucker als auch weitere von Natur aus in den Lebensmitteln enthaltene Zuckerarten. D.h. je nachdem, welche Rohstoffe (Mehle, Flocken, etc.) für die Produktion verwendet werden, kann die Abweichung zwischen zugesetztem Zucker und Gesamtzucker verschieden sein. Weiterhin ist es denkbar, dass es u.U. zu Analysefehlern gekommen ist und auch Produktionsschwankungen sind eine mögliche Erklärung für die variierenden Abweichungen.

Insbesondere bei den Flakes Frucht ist auffällig, dass der Gesamtzuckergehalt grösser ist als der berechnete zugesetzte Zucker. Dies ist aber dadurch erklärbar, dass der Zucker, welcher natürlich in der Frucht vorkommt, nicht zum zugesetzten Zucker gezählt wird, in der Analyse aber miterfasst wird.

Vereinzelt gibt es Proben (Flakes Nature ZAW2 Aroma Red1 und Red2, HoneyBalls ZAW1, HoneyPops ZAW1 $CaCO_3$ Red1, alle ChocoBalls Proben) wo der Gesamtzuckergehalt unter dem Gehalt an berechnetem zugesetztem Zucker liegt. Produktionsschwankungen oder Unregelmässigkeiten bei der Probennahme resp. -analyse könnten eine mögliche Erklärung sein.

Bei den Gebackenen Sorten fällt auf, dass die prozentualen Abweichungen der zuckerreduzierten Proben im Vergleich zu den Standardproben grösser sind (Ausnahme: Gebackene Sorten Frucht Vorverkleisterung Red1). Dies deutet daraufhin, dass bei der Vorverkleisterung ein Abbau der Stärke stattfindet und somit der Gesamtzuckergehalt steigt.

Massgeblich für das vorliegende Projekt ist letztendlich der zugesetzte Zucker, da dieser in den Produkten reduziert werden soll. Die Berechnung ist bei allen Produkten nach dem Leitfaden des BLV (2018) erfolgt. Die berechneten Werte enthalten im Vergleich zu dem Gesamtzuckergehalt wie oben

erklärt einen absoluten Fehler. Durch das identische Vorgehen bei der Berechnung ist der Quervergleich der berechneten Werten für den zugesetzten Zucker aber möglich.

4.5 Effektivität / Wirtschaftlichkeit / Umsetzbarkeit

Der Fragenkatalog wurde an neun Firmen versandt. Sieben ausgefüllte Fragenkataloge wurden retourniert. Eine Firma wollte keine Auskünfte zu den gestellten Fragen geben und von einer Firma wurde keinerlei Rückmeldung erhalten. Die retournierten Fragenkataloge sind Anhang I zu entnehmen.

Bei den Gebackenen Sorten wurden Rückmeldungen von zwei Projektpartnern erhalten und für die Zusammenfassung verwendet. Der Ansatz Vorverkleisterung bringt im Vergleich zum Standardprozess einen zusätzlichen Arbeitsschritt für eben jene mit sich. Die Handhabung generell war aufwändiger, da die Masse klebriger wird und so z.T. mehr Krafteinsatz notwendig ist. Bei der Variante Binder kann davon ausgegangen werden, dass es wenige Änderungen im Vergleich zum Standardprozess gibt. Die Variante sensorische Kontrast ist aufgrund der zwei Grundmassen, die hergestellt werden müssen und dann abwechselnd aufgetragen werden, aufwändiger in der Herstellung.

Hinsichtlich der Flakes basieren die Aussagen auf den Rückmeldungen eines Projektpartners. Da die beiden betrachteten Ansätze zur Zuckerreduktion ($CaCO_3$, Aroma, Kontrast) in der Umsetzung ähnlich sind, werden die Aussagen zusammengefasst. Grundsätzlich war die Handhabung der geänderten Rezepturen gut. Je nach Dosierung der zusätzlichen Zutaten muss mit Prozessanpassungen gerechnet werden, da die Produkte zum Teil weniger gut durch die Anlage laufen und nicht die gewünschte Textur erreichen.

Im Bereich der Direct-Expanded Cereals basieren die Aussagen auf den Rückmeldungen zweier Projektpartner. Da die beiden betrachteten Ansätze zur Zuckerreduktion ($CaCO_3$ und Aroma) in der Umsetzung ähnlich sind, werden die Aussagen zusammengefasst. Zu beachten ist, dass die Zuckerreduktion bei diesen Produkten nur über das Coating stattfindet. Wichtig im Hinblick auf die Verarbeitbarkeit ist, dass die Coating slurry nicht zu zähflüssig oder zu klebrig ist. Weiterhin ist zu beachten, dass, wenn die eingesetzte Menge der Coating slurry reduziert wird, eine gleichmässige Verteilung auf der Basis gewährleistet sein sollte, um ein homogenes Aussehen und eine gute Textur zu garantieren. Insgesamt kann bei den Direct-Expanded Cereals aber davon ausgegangen werden, dass die im Projekt betrachteten Ansätze zur Zuckerreduktion wenig Einfluss auf die standardmässige Produktion haben. Prozessanpassungen (Temperaturen, Zeiten) sind natürlich vorzunehmen, dies ist bei Produktentwicklungen aber normal. Auch bei der Umsetzung vom Pilotmassstab auf eine Grossanlage sollten keine grösseren Schwierigkeiten auftreten. Substantielle Mehrkosten werden ebenfalls nicht erwartet. Ggf. entstehen indirekte Mehrkosten durch die angepassten (längeren) Trocknungszeiten und den Mehraufwand aufgrund der grösseren Anzahl Rohstoffe (Beschaffung, Lagerung, Einwaage). Durch die Reduktion der eingesetzten Menge an Coating Slurry (bei ZAW 2 und ZAW 3) wird auch die Durchsatzrate reduziert, was die Herstellungskosten erhöht (Energie, indirekte Kosten, …). Wobei hier anzumerken ist, dass die Menge an Coating Slurry zwischen dem jeweiligen Standard und den zuckerreduzierten Varianten nicht variiert, sondern nur zwischen den verschiedenen Zuckerausgangswerten.

Die zwei erhaltenen Rückmeldungen von den produzierenden Betrieben, welche nicht direkt im Projekt involviert waren, können natürlich nicht für die Beurteilung der Umsetzbarkeit der im Projekt

getesteten Ansätze zur Zuckerreduktion herangezogen werden. Sie zeigen allerdings nochmal einige bereits diskutierte Hindernisse (vgl. Kapitel 2.1) auf. So wird darauf hingewiesen, dass Zucker nicht nur für die Süsse wichtig ist, sondern auch technologische Funktionen erfüllt wie z.B. die Bindung / der Zusammenhalt von Clustern und sich eine Zuckerreduktion auch auf die Knusprigkeit auswirken kann.

In Bezug auf die Wirtschaftlichkeit sind die Mehrkosten, die durch eine Zuckerreduktion entstehen können, der ausschlaggebende Faktor. Detaillierte Rechnungen sind im Rahmen des Projektes nicht möglich und machen im Hinblick darauf, dass bestimmte Kosten von Unternehmen zu Unternehmen sehr unterschiedlich sein können, auch keinen Sinn. Für die Berechnungen, die für die Aussagen in Tabelle 70, Tabelle 71 und Tabelle 72 verwendet wurden, wurden folgende Preise angenommen:

- Kristallzucker: 60 CHF / 100 kg
- Modifying Aroma resp. Vanille Aroma: ca. 25.80 CHF / kg
- Calciumcarbonat: 40 CHF / 100 kg
- Promitor: vertraulich

Zu beachten ist bei den Preisen, dass diese durch verschiedene Faktoren beeinflusst werden. So ist der Preis stark vom Einkaufsvolumen, strategische Partnerschaften, Saison/ Wetterlage, Qualität, Logistik, etc. abhängig.

Die nachfolgenden Tabelle 70, Tabelle 71 und Tabelle 72 fassen die oben aufgezählten qualitativen Aussagen sowie die Ergebnisse der «A»-«not A»-Tests pro Produktkategorie im Vergleich zum jeweiligen Standardprozess resp. zur jeweiligen Standardprobe zusammen. Zudem werden auch die Angaben zu den Kosten hier integriert.

Tabelle 70: Übersicht Effektivität / Wirtschaftlichkeit / Umsetzbarkeit Gebackene Sorten

		Vorverkleisterung	Binder	Sensorischer Kontrast
Technologische Voraussetzungen		keine zusätzlichen Anschaffungen notwendig	keine zusätzlichen Anschaffungen notwendig	evtl. Anschaffung einer Anlage, die das Layern (Auftragen der Schichten) ermöglicht
Effektivität (mögliche Reduktions schritte)	**Nature**	nicht erfolgreich	Reduktion zugesetzter Zucker zwischen -10 bis -20% möglich	keine Aussage möglich
	Frucht	nicht erfolgreich	nicht erfolgreich	keine Aussage möglich
	Schokolade	nicht erfolgreich	Reduktion zugesetzter Zucker zwischen -9 bis -12% möglich	nicht erfolgreich
Umsetzbarkeit		zusätzlicher Arbeitsschritt notwendig; ggf. Anpassen der Produktionsparameter	ggf. Anpassen der Produktionsparameter; evtl. Mehraufwand aufgrund grösserer Anzahl Zutaten	zusätzliche Arbeitsschritte (Herstellung zweier Massen und Layern dieser) notwendig; ggf. Anpassen der Produktionsparameter
Kosten		Mehrkosten aufgrund zusätzlicher Arbeitsschritte (Zeit, Energie); kaum Mehrkosten für Rohstoffe (Ersatz Anteil Kristallzucker durch Getreide/Mehle)	wenn zugesetzter Kristallzucker 1:1 durch Promitor ersetzt wird ergeben sich für die Rohstoffe Mehrkosten von ca. 6%	Mehrkosten aufgrund allfälliger Anschaffung neuer Anlage; kaum Mehrkosten für Rohstoffe (Ersatz Anteil Kristallzucker durch Getreide/Mehle)

Tabelle 71: Übersicht Effektivität / Wirtschaftlichkeit / Umsetzbarkeit Flakes

		$CaCO_3$	Kontrast	Aroma
Technologische Voraussetzungen		keine Anschaffungen notwendig	keine Anschaffungen notwendig	keine Anschaffungen notwendig
Effektivität (mögliche Reduktions schritte)	**Nature**	Reduktion zugesetzter Zucker bis zu-13.7% möglich	Reduktion zugesetzter Zucker zwischen -13 bis -22% möglich	nicht erfolgreich
	Frucht	Reduktion zugesetzter Zucker bis zu -37% möglich	Reduktion zugesetzter Zucker zwischen -10 bis -23% möglich	nicht erfolgreich
	Schokolade	Reduktion zugesetzter Zucker bis zu-22% möglich	Reduktion zugesetzter Zucker bis zu -16% möglich	nicht erfolgreich
Umsetzbarkeit		ggf. Anpassen der Produktionsparameter; evtl. Mehraufwand aufgrund grösserer Anzahl Zutaten	keine zusätzlichen Rohstoffe	ggf. Anpassen der Produktionsparameter; evtl. Mehraufwand aufgrund grösserer Anzahl Zutaten
Kosten		Bei einer Reduktion von 3% Kristallzucker durch $CaCO_3$ und Promitor liegen die Mehrkosten für die Rohstoffe pro 100 kg Endprodukt bei etwa 6 CHF	geringe Mehrkosten (Ersatz Anteil Kristallzucker durch Getreide/Mehle)	Bei einer Reduktion von 3% Kristallzucker durch Aroma und Promitor liegen die Mehrkosten für die Rohstoffe pro 100 kg Endprodukt bei etwa 11.55 CHF

Tabelle 72: Übersicht Effektivität / Wirtschaftlichkeit / Umsetzbarkeit Direct-Expanded Cereals

		$CaCO_3$	Aroma
Technologische Voraussetzungen		keine zusätzlichen Anschaffungen notwendig	keine zusätzlichen Anschaffungen notwendig
Effektivität (mögliche Reduktions schritte)	**HoneyBalls**	Reduktion zugesetzter Zucker um -4% möglich	Reduktion zugesetzter Zucker zwischen -7 und -12% möglich
	ChocoBalls	Reduktion zugesetzter Zucker um -7% möglich	Reduktion zugesetzter Zucker zwischen -10.5 bis -12% möglich
	HoneyPops	Reduktion zugesetzter Zucker um -11% möglich	Reduktion zugesetzter Zucker zwischen -13 bis -20% möglich
Umsetzbarkeit		nur Anpassen der Produktionsparameter; Nahrungsfasern (Promitor) und Calcium sind grundsätzlich erwünscht; evtl. Mehraufwand aufgrund grösserer Anzahl Zutaten; $CaCO_3$ ist schwer löslich, ständiges Rühren der Coating slurry notwendig, Schaumbildung während der Erhitzung; Nahrungsfasern ,wie die hier eingesetzten, sind kaum in Bio-Qualität erhältlich, $CaCO_3$ bei Bioprodukten auch wenig kompatibel	nur Anpassen der Produktionsparameter; Nahrungsfasern (Promitor) sind grundsätzlich erwünscht; evtl. Mehraufwand aufgrund grösserer Anzahl Zutaten; Nahrungsfasern, wie die hier eingesetzten, sind kaum in Bio-Qualität erhältlich, Aroma bei Bioprodukten auch wenig kompatibel
Kosten		Bei einer Reduktion von 3% Kristallzucker durch $CaCO_3$ und Promitor liegen die Mehrkosten für die Rohstoffe pro 100 kg Endprodukt bei etwa 6 CHF	Bei einer Reduktion von 3% Kristallzucker durch Aroma und Promitor liegen die Mehrkosten für die Rohstoffe pro 100 kg Endprodukt bei etwa 11.55 CHF

4.6 Produktsicherheit – Mikrobiologie und Haltbarkeit

Da zugesetzter Zucker in FSC nicht nur als süssender Bestandteil, sondern neben den funktionellen Eigenschaften im Hinblick auf Bindung und Textur auch die Funktion einer Feuchtigkeitsbarriere zwischen dem Produkt und der Atmosphäre einnimmt, hat eine Zuckerreduktion unter Umständen auch Einfluss auf die Haltbarkeit. In diesem Kapitel sollen daher kurz die wichtigsten Einflüsse auf die Produktsicherheit hinsichtlich Mikrobiologie und Haltbarkeit eingegangen werden.

Ob ein bestimmtes Lebensmittel lagerstabil oder verderblich ist, hängt grundsätzlich von intrinsischen und extrinsischen Eigenschaften des Lebensmittels ab. Struktur, pH-Wert und Wasseraktivität gehören zu den intrinsischen Faktoren, extrinsische Faktoren sind z.B. Lagertemperatur, Gasatmosphäre und die relative Luftfeuchtigkeit.

FSC haben nach der Verarbeitung eine niedrige Wasseraktivität, mit einem a_w-Wert zwischen 0.2-0.5. Die meisten Mikroorganismen haben ihr Wachstumsoptimum bei einem a_w-Wert von 0.98-1. Xerophile Mikroorganismen können bei einer Wasseraktivität bis 0.6 wachsen (Heiss und Eichner 1995). Durch den niedrigen a_w-Wert, ist folglich ein Schutz vor Mikroorganismen vorhanden. Im Gegensatz dazu haben FSC einen hohen pH-Wert von 5.5-6.5, welcher keinen mikrobiellen Schutz darstellt.

Während der Entwicklung der Produktmuster für die Gebackenen Sorten wurde der a_w-Wert für die Produkte dieser Kategorie analysiert (Ergebnisse nicht veröffentlicht, können aber auf Wunsch eingesehen werden resp. nachgereicht werden.). Die Werte der zuckerreduzierten Proben unterscheiden sich nicht von denen der Standardproben und liegen in dem von der Literatur (Fast und Caldwell 2000) vorgegebenen Bereich zwischen 0.2 und 0.5. Somit ist hier keine grundlegende Veränderung der Produktsicherheit zu erwarten.

Ein wichtiger Faktor hinsichtlich der Produktsicherheit sind zudem die verwendeten Rohstoffe. Der Hauptfaktor bei den Rohstoffen ist die gleichbleibend hohe Qualität. Jedes verwendete Material muss einen Qualitätsstandard aufweisen, welcher die Herstellung eines hochwertigen Produkts ermöglicht (Heiss und Eichner 1995). Die in diesem Projekt untersuchten Ansätze zur Zuckerreduktion sind so gewählt, dass die Änderungen der Rezepturen resp. Zutaten so gering wie möglich sind. Daher kann auch hier davon ausgegangen werden, dass sich die Produktsicherheit entscheidend ändert.

Letztendlich darf auch die Verpackung im Hinblick auf die Produktsicherheit nicht ausser Acht gelassen werden. Sie schützt die FSC während dem Zeitraum nach der Herstellung bis zum Endverbrauch durch den Konsumenten. Im Allgemeinen bietet eine gute Verpackung den FSC Schutz vor physikalischen und chemischen Einflüssen (Min et al. 2010). Wichtig ist, dass die Verpackung keine Feuchtigkeit durchlässt und das Produkt vor Licht schützt, damit es zu keiner Oxidation kommt. Frühstückscerealien sind u.a. in Pergamin, gewachstem Pergamin oder meistens in Polyethylen in Form von Beuteln oder Beutel innerhalb von Pappkartons verpackt. (Yildirim 2018).

5 Schlussfolgerung

In der vorliegenden Studie konnten für die drei betrachteten Kategorien FSC (Gebackene Sorten, Flakes, Direct-Expanded Cereals) in verschiedenen Geschmacksrichtungen und ausgehend von unterschiedlichen Zuckerausgangswerten Ansätze zur Zuckerreduktion aufgezeigt werden.

Nachfolgend werden die wichtigsten Erkenntnisse zusammengefasst. Dabei ist zu beachten, dass die Aussagen nur auf die getesteten Rezepturen bezogen werden können.

Basierend auf den Ergebnissen dieser Studie ist für die Gebackenen Sorten der Einsatz eines Bindemittels auf Basis löslicher Fasern am besten für eine Zuckerreduktion am besten geeignet, auch wenn dieser Ansatz nicht bei allen Geschmacksrichtungen resp. Zuckerausgangswerten erfolgreich war. Dies ist aber wahrscheinlich eher auf die zu gross gewählten Reduktionsschritte zurückzuführen. Die beiden weiteren getesteten Ansätze (Vorverkleisterung und sensorischer Kontrast) sind weniger erfolgreich, hier konnte für keine Geschmacksrichtung und keinen Zuckerausgangswert eine Empfehlung für einen Reduktionsschritt gegeben werden. Zudem sind diese beiden Varianten in der Umsetzung aufwändiger im Vergleich zur Variante mit dem Bindemittel.

Bei der Kategorie Flakes ist sowohl der Ansatz Calciumcarbonat als auch sensorischer Kontrast empfehlenswert. Beide Ansätze sind mit wenig Aufwand umzusetzen (vgl. Kapitel 0). Der Ansatz sensorischer Kontrast bietet den Vorteil, dass keine zusätzlichen Rohstoffe benötigt werden und somit sehr wahrscheinlich auch geringere Kosten zu erwarten sind im Vergleich zum Ansatz $CaCO_3$. Der Ansatz Aroma war bei den Flakes nicht erfolgreich, möglicherweise, hat das zugesetzte Vanille-Aroma aufgrund der Erhitzung die Extrusion nicht überstanden und konnte somit auch nicht die gewünschte Wirkung erzielen.

Für die Direct-Expanded Cereals können aus Sicht einer stillen Reduktion grundsätzlich beide betrachteten Varianten ($CaCO_3$ und Aroma) empfohlen werden. Mit der Variante Aroma scheint innerhalb eines Anpassungsschrittes eine grössere Reduktion des zugesetzten Zuckers möglich und die Umsetzung ist einfacher als bei der Variante $CaCO_3$. Allerdings entstehen bei der Variante Aroma im Vergleich zur Variante $CaCO_3$ höhere Kosten (bei gleicher Zuckerreduktion).

Leider konnte bei den Direct-Expanded Cereals der dritte Ansatz (mehrschichtiges Coating) im Projekt nicht erfolgreich umgesetzt werden. Es ist aber davon auszugehen, dass dieser Ansatz grundsätzlich technologisch machbar ist. Eine weitere Möglichkeit, welche bei den Direct-Expanded Cereals nicht getestet wurde, aber bei den Flakes erfolgreich war, wäre die Mischung von süssen Balls resp. Pops mit weniger süssen.

Im Hinblick auf die betrachteten Varianten ist hervorzuheben, dass der Einsatz von $CaCO_3$ unabhängig davon funktioniert, ob das $CaCO_3$ im Coating oder in der Masse eingesetzt wird. Da $CaCO_3$ in dieser Studie max. mit 1% (d.h. 1 g auf 100 g) eingesetzt wurde und 1 g $CaCO_3$ 400 mg Calcium enthält, wird bei den empfohlenen Portionsgrössen für FSC (30 – 45 g) etwa 120 bis 180 mg zugesetztes Calcium aufgenommen. Dies liegt deutlich unter der in Stretto 3 eingebrachten täglichen Verzehrsmenge von 1000 mg.

Auch der Einsatz von löslichen Fasern (hier im Projekt Promitor, Maltodextrin) wird häufig kritisch gesehen hinsichtlich der Verträglichkeit. Housez et al. (2012) zeigten in ihren Untersuchungen, dass pro Tag hinsichtlich der Verträglichkeit von Promitor eine einmalige Dosis von 40 g (resp. 65 g verteilt über mehrere Mahlzeiten) von gesunden Erwachsenen gut toleriert wurde. In den in der vorliegenden Studie getesteten Rezepturen ist Promitor max. mit 5.25% (d.h. 5.25 g pro 100 g) eingesetzt worden. Auch hier sind mit oder ohne Einbezug der oben aufgeführten Portionsgrössen die aufgenommenen Mengen an Promitor deutlich unter der oben genannten einmaligen Dosis.

Weiterhin konnte bei der Betrachtung der Ergebnisse nach Zielgruppen gesplitteten Ergebnisse der «A»-«not A»-Tests festgestellt werden, dass Frauen tendenziell bei mehr Tests signifikante Unterschiede gefunden haben im Vergleich zu Männern. D.h. Frauen scheinen sensitiver hinsichtlich der vorhandenen Unterschiede zu sein. Michon et al. (2009) fanden in einer Untersuchung mit 274 Probanden heraus, dass Frauen bei der höchsten Konzentration einer süssen Geschmackslösung eine intensivere Geschmacksempfindung hatten als Männer. Dies könnte ein mögliches Indiz dafür sein, dass Frauen bei süssen Produkten die Süsse als intensiver wahrnehmen als Männer.

Ein ähnliches Bild zeigt sich beim Vergleich Erwachsener mit Kindern im Haushalt und Erwachsener ohne Kinder im Haushalt: erstere erzielen mehr signifikante Ergebnisse und haben vermeintlich eine höhere Sensitivität. Betrachtet man die Ergebnisse der Zielgruppe «Kinder», die von allen Zielgruppen am wenigsten häufig signifikante Unterschiede zwischen der Standardprobe und den zuckerreduzierten Proben feststellen konnten, lässt dies vermuten, dass diese Zielgruppe weniger sensitiv hinsichtlich der vorhandenen Unterschiede ist und somit nicht grundsätzlich negativ auf eine Zuckerreduktion reagieren. Allerdings ist auch denkbar, dass die Kinder trotz der Erläuterungen und der im Vergleich zu den anderen Gruppen intensiveren Betreuung während der Testdurchführung Schwierigkeiten mit der Umsetzung des «A»-«not A»-Tests hatten. Diese Testmethodik setzt voraus, dass sich eine «A»-Probe eingeprägt wird und man die darauffolgenden Proben mit dieser Erinnerung vergleicht. Möglicherweise war die kognitive Herausforderung für diese Zielgruppe zu anspruchsvoll.

Hinsichtlich der Zeitintervalle, die zwischen den einzelnen Reduktionsschritten liegen sollten, wird eine Zeitspanne von einem halben bis zu einem Jahr empfohlen. Dabei ist die Zeitspanne nicht nur davon abhängig, wie lange es dauert, bis sich ein Konsument an ein neues Zuckerniveau gewöhnt hat, damit die nächste «stille» Reduktion durchgeführt werden kann, sondern auch von Faktoren bei den produzierenden Betrieben sowie von den am Point of Sale verfügbaren Restbeständen und der Frequenz des Umschlags im Haushalt. Daher basiert die Empfehlung zum einen auf der technologischen Umsetzbarkeit (vgl. Bericht zur Literaturrecherche, Befragung von Experten) als auch auf Angaben aus der Literatur (Oliveira et al. 2016, de Oliveira Pineli et al. 2016)[9].

Wenn man beispielhaft die Reduktion des zugesetzten Zuckers bei den Flakes Nature (mittels Variante Kontrast, vgl. Tabelle 67) betrachtet, könnten innerhalb eines Jahres 4.6 g zugesetzter Zucker

[9] Die aufgeführten Artikel beziehen sich auf Getränke (Orangennektar resp. Schokoladenmilch) resp. auf die Reduktion von Salz. Die Empfehlungen basieren grösstenteils auf Beobachtungen / Erfahrungen und sind nicht auf durchgeführte Studien zurückzuführen.

eingespart werden (von 25.4 g auf 20.8 g), in einem zweiten Schritt wiederum 4.6 g (von 20.8 g auf 16.2 g) und in einem dritten Schritt 2.1 g (von 16.2 g auf 14.1 g). Über drei Jahre könnte man so mit den entsprechenden Zwischenschritten den zugesetzten Zucker um 11.3 g pro 100 g FSC reduzieren. Setzt man diesen Wert in Relation mit den Verzehrsdaten der menuCH-Studie, heisst dies, dass der aktuelle Zuckerkonsum der Schweizer Bevölkerung innerhalb von drei Jahren pro Tag um 1.17 g gesenkt werden kann, unter der Annahme, dass pro Tag 10.4 g FSC konsumiert werden (BLV 2017). Auch wenn dies eine relativ kleine Reduktion an zugesetztem Zucker ist, ist diese für Personen, die FSC in grossen Mengen konsumieren relevant. Zwar variieren die von den Herstellern empfohlenen Portionsgrössen, weit verbreitet ist aber die Deklaration, dass eine Portion 30 bis 40 g FSC entsprechen. Nimmt man an, dass pro Tag 30 g FSC verzehrt werden, entspräche dies einer Reduktion des Zuckerkonsums um 3.4 g pro Tag (nur auf FSC bezogen) innerhalb von drei Jahren. Eine grössere tägliche Zuckerreduktion (auch im Hinblick auf unterschiedliche Zielgruppen in der Bevölkerung) könnte erreicht werden, wenn in mehreren Produktkategorien (z.B. FSC, Joghurt, Softdrinks, etc.) gleichzeitig Zuckerreduktionen stattfinden würden. Dies ist auch sinnvoll im Hinblick auf das angestrebte Ziel der stillen schrittweisen Reduktion des zugesetzten Zuckers, nämlich die Empfindlichkeit für die Süsswahrnehmung bei den Konsumenten zu steigern. Wie Wise et al. (2016) in ihrer fünfmonatigen Interventionsstudie zeigen konnten, wurde durch eine zuckerreduzierte Ernährung die Sensitivität für Süsse gesteigert. Nach dem die Intervention beendet war und die Probanden ihre Ernährung wieder frei wählen konnten, war dieser Effekt nach einem Monat wieder vergangenen. Sartor et al. (2011) zeigten zudem in einer Studie auf, dass bei Erwachsenen eine positive Korrelation zwischen Süssgetränkekonsum und der Süsswahrnehmung besteht. Es ist folglich anzunehmen, dass eine Erhöhung der Sensitivität für Süsse in der Bevölkerung nur zu erreichen ist, wenn dies bei mehreren Produkten gleichzeitig geschieht. Wie in Kapitel 4.3 erläutert, ist die Erinnerung und Gedächtnisbildung ein sehr komplexer aber auch dynamischer Prozess. Damit neu erlernte Dinge in einen Automatismus übergehen und neue Verhaltensmuster beibehalten werden, braucht es regelmässiges Training. Erste Erfahrungen wie eine solche Ernährungsbildungsmassnahme zur Sensibilisierung für den Süssgeschmack umgesetzt werden könnte, liegen mit der Studie von Keller (2019) vor.

Generell ist anzumerken, dass die in der vorliegenden Studie gewählte Testmethodik («A»-«nicht A»-Test) zwar möglichst realitätsnah gewählt wurde, was aber nicht bedeutet, dass auch die Testsituation an sich der realen Konsumsituation entspricht. So wurden in der vorliegenden Studie die FSC mit Milch konsumiert und die Ziehzeit sowie die Menge an Milch und FSC waren standardisiert, um die Ergebnisse miteinander vergleichen zu können. Die Parameter wurden in Absprache mit den Projektpartnern festgelegt, da durch die Literaturrecherche keine klaren Erkenntnisse zu empfohlenen Verhältnis zwischen FSC und Milch, Ziehzeit oder zu verwendender Milch gewonnen werden konnten. Es wurde jedoch eine Studie gefunden, die den Einfluss des Fettgehalts der Milch auf die Aufnahme von Feuchtigkeit bei den FSC untersucht hat (Machado et al. 1999), mit dem Ergebnis, dass die Cerealien sowohl in fettreduzierter Milch als auch in Vollmilch etwa gleich schnell Feuchtigkeit aufnehmen. Andere Studien (Sacchetti et al. 2003) hingegen konnten zeigen, dass sich beim Einweichen von FSC in Vollmilch eine Schicht von Lipiden und Micellen auf der Oberfläche der Cerealien beobachten lässt, was darauf schliessen lässt, dass weniger schnell Feuchtigkeit

aufgenommen wird im Vergleich zum Einweichen in Wasser. Sacchetti et al. (2003) folgerten, dass es auch einen Unterschied zwischen Magermilch, teilentrahmter Milch und Vollmilch geben muss. Sie empfehlen zudem eine Ziehzeit zwischen 30 und 300 Sekunden, Medina et al. (2011) wiederum sprechen von 30 bis 90 Sekunden als ideale Ziehzeit.

Es ist durchaus denkbar, dass die Konsumenten FSC in Kombination mit anderen Lebensmitteln als Milch verzehren (z.B. Obst, Joghurt, Fruchtsäfte, pur, etc.), wodurch sich eine andere Wahrnehmung der Süsse ergeben könnte. Daten wie die Probanden normalerweise ihre FSC verzehren (mit welchen Lebensmitteln, zu welcher Mahlzeit, an welchem Ort, etc.) wurden in dieser Studie nicht erhoben. Eine Studie, wie sich aber die unterschiedlichen Kombinationen von FSC mit anderen Lebensmitteln auf die Süsswahrnehmung auswirkt liegt nicht vor.

Im Hinblick auf die unterschiedlichen Sprachregionen der Schweiz wäre es zudem interessant zu untersuchen, ob sich diese kulturellen Einflüsse auch auf die Sensitivität für Süsse auswirken.

Weiterhin offen bleibt die Frage, ob die Konsumenten eine stille Zuckerreduktion überhaupt wünschen und ggf. mit einer nicht stillen Zuckerreduktion auch ohne Umsatzeinbussen ggf. grössere Reduktionsschritte möglich wären. So hat die Forschungsgruppe Lebensmittel-Sensorik der ZHAW bereits früher Konsumententests mit zuckerreduzierten Joghurts durchgeführt (Dienstleistungsauftrag der Industrie, Ergebnisse unveröffentlicht), bei welchen die zuckerreduzierten Varianten teilweise eine höhere Akzeptanz erzielten als das Standardprodukt.

Hutchings et al. (2019) haben in einem Review die gegenwärtig vorhandenen Optionen zur Reduktion von zugesetztem Zucker zusammengefasst. So lassen sich die Möglichen zur Zuckerreduktion in vier Kategorien zusammenfassen: Einsatz von Zuckeraustausch-/Süssstoffen[10], stufenweise Reduktion von Zucker (ohne Ersatz), Multisensorische Interaktionen (z.B. Einsatz von Aroma) und Veränderung der Lebensmittelstruktur (z.B. inhomogene Verteilung oder veränderte Freisetzung von Geschmacksstoffen). Die Autoren kommen in ihrem Review zu dem Schluss, dass eine substantielle Reduktion von zugesetztem Zucker ohne Veränderung der sensorischen Eigenschaften eine unglaublich herausfordernde Aufgabe darstellt – egal in welchem Lebensmittel. Sie empfehlen daher verschiedene Optionen umzusetzen, mit denen kleine bis mittlere Reduktionsschritte durchgeführt werden können, ohne die Akzeptanz bei den Konsumenten zu beeinträchtigen.

Dies steht in Einklang mit der vorliegenden Studie: Ohne sensorische Einbusse (und ohne den Einsatz von Zuckerersatz- resp. Süssstoffen) sind kleine bis mittlere Reduktionsschritte mit Hilfe verschiedener Ansätze möglich.

5.1 Learnings

Das Vorgehen im vorliegenden Projekt kann grundsätzlich als zielführend bewertet werden. Insbesondere die Zusammenarbeit mit Partner aus der Industrie ist für diese Art von Projekt sinnvoll. Natürlich sind die im Projekt betrachteten Ansätze zur Zuckerreduktion so gewählt worden, dass die

[10] Der Einsatz von Zuckeraustausch- resp. Süssstoffen ist im vorliegendem Projekt vom Auftraggeber ausgeschlossen worden.

Projektpartner die Produktion der FSC ohne grössere Anpassungen im Herstellungsprozess vornehmen zu müssen durchführen konnten, allerdings war es auch Ziel des Projekts einfachumzusetzende Lösungen zu entwickeln. Sollten zukünftig weitere Ansätze zur Zuckerreduktion betrachtet werden, sollte man hierfür evtl. mehr Zeit einplanen, insbesondere wenn der Einsatz von Inhaltsstoffen, Prozessen oder Maschinen, mit welchen wenig oder keine Erfahrungen vorliegen, vorgesehen ist.

Der Einsatz des «A»-«not A»-Tests als Methodik für die Konsumententests kann ebenfalls als erfolgreich betrachtet werden. Die Konsumenten hatten keine Schwierigkeiten mit der Testmethodik. Einzig für die Gruppe der Kinder (6 bis 14 Jahre), insbesondere bei den Jüngeren, scheint die Testmethodik in diesem Setting schlecht verständlich gewesen zu sein.

Was in diesem Projekt bewusst nicht berücksichtigt wurde, war die Beliebtheit der entwickelten Produkte zu evaluieren, da das Ziel war die Möglichkeit einer stillen Zuckerreduktion abzuklären.

5.2 Ausblicke

Aktuell koordiniert die Forschungsgruppe Lebensmittel-Sensorik der ZHAW ein schweizweites Forschungsprojekt zur Wahrnehmung von Gerüchen, mit dem vorhandenen Netzwerk wäre es auch möglich eine solche Studie zur Sensitivität für Süsse durchzuführen.

Die Frage, wie viel Transparenz hinsichtlich der Zuckerreduktion (d.h. Antworten auf die Fragen wie und wie viel Zucker reduziert wurde) sich die Konsumenten wünschen, könnte ebenso wie die Frage, wie FSC konsumiert werden mit einer Omnibusbefragung in den verschiedenen Sprachregionen der Schweiz untersucht werden

Literaturverzeichnis

Bamert R. (2018): Entwicklung von zuckerreduzierten Frühstückscerealien Typ «Crunchy / Granola». Bachelorarbeit. 6.Semester Bachelorstudiengang Lebensmitteltechnologie 2015, ZHAW (unveröffentlicht).

Brennan, M. A., Monro, J. A. und Brennan, C. S. (2008): Effect of inclusion of soluble and insoluble fibres into extruded breakfast cereal products made with reverse screw configuration. International Journal of Food Science and Technology 2008, 43, 2278–2288.

Buchecker, K. und Matullat, I. (2012): Sensorik-Lexikon (1. Auflage.). Hamburg: Behr's Verlag.

Bundesamt für Lebensmittelsicherheit und Veterinärwesen (2017): Fachinformation Ernährung. Getreideprodukte-, Kartoffel- und Hülsenfrüchtekonsum in der Schweiz 2014/15. https://www.blv.admin.ch/blv/de/home/lebensmittel-und-ernaehrung/publikationen-und-forschung/statistik-und-berichte-ernaehrung.html (abgerufen am 23.03.2018)

Bundesamt für Lebensmittelsicherheit und Veterinärwesen (2018): Leitfaden zur Definition und Berechnung des zugesetzten Zuckers. (abgerufen von https://www.blv.admin.ch/blv/de/home/lebensmittel-und-ernaehrung/ernaehrung/produktzusammensetzung/zuckerreduktion.html am 08.12.2018)

Burseg, K. M. M., Brattinga, C., de Kok, P. M. T. und Bult, J. H. F. (2010a): Sweet taste enhancement through pulsatile stimulation depends on pulsation period not on conscious pulse perception. Physiology und Behavior, 100 (4), 327–331.

Burseg, K. M. M., Camacho, S., Knoop, J. und Bult, J. H. F. (2010b): Sweet taste intensity is enhanced by temporal fluctuation of aroma and taste, and depends on phase shift. Physiology und Behavior, 101 (5), 726–730.

Castro, N., Durrieu, V., Raynaud, C. und Rouilly, A. (2016): Influence of DE-value on the physicochemical properties of maltodextrin for melt extrusion processes. Carbohydrate Polymers 144, 464–473.

Chang K.-L. B., Wang, J.-S., Sung W.-C. (2014): Calcium Salts Reduce Acrylamide Formation and Improve Qualities of Cookies. Journal of Food and Nutrition Research, 2 (11), 857-866.

Chatelan, A., Castetbon, K., Pasquier, J., Allemann, C., Zuber, A., Camenzind-Frey, E., Zuberbuehler, C. A. und Bochud, M. (2018): Association between breakfast composition and abdominal obesity in the Swiss adult population eating breakfast regularly. International Journal of Behavioural Nutrition and Physical Activity 15, 115-126.

Chronakis, I. S. (1998): On the Molecular Characteristics, Compositional Properties, and Structural-Functional Mechanisms of Maltodextrins: A Review, Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 38 (7), 599-637.

de Oliveira Pineli, L. L., de Aguiar, L. A., Fiusa, A., Braz de Assunçao Botelho, R., Zandonadi, R. P. und Melo, L. (2016): Sensory impact of lowering sugar content in orange nectars to design healthier, low-sugar industrialized beverages. Appetite 96, 239-244.

Derndorfer, E. (2016): Lebensmittelsensorik (5., überarbeitete Auflage.). Wien: Facultas.

DIN 10972:2003: Sensorische Prüfverfahren – «A”-»nicht A”-Prüfung.

DLG (2018): Reduktion von Zucker, Fett und Salz in Lebensmitteln – Zwischen Machbarkeit und Verbrauchererwartung. DLG-Studie 2018. (Abgerufen von http://www.dlg.org/studie_salz_zucker_fett.html am 01.02.2018)

Dürrschmid, K. (2009): Gustatorische Wahrnehmungen gezielt abwandeln. 1. Auflage, Behr’s Verlag, Hamburg.

Dutcosky, S. D, Grossmann, M. V. E., Silva, R. S. S. F. und Welsch, A. K. (2006): Combined sensory optimization of a prebiotic cereal product using multicomponent mixture experiments. Food Chemistry 98 (4), 630-638.

Fast, R. B. und Caldwell, E. F. (2000): Breakfast Cereals and How They Are Made (2. Auflage). St. Paul: American Association of Cereals Chemists.

Gallagher E., O’Brien, C. M., Scannell, A. G. M. und Arendt, E. K. (2003): Evaluation of sugar replacers in short dough biscuit production. Journal of Food Engineering 56, 261–263.

Gibson, S., Ashwell, M., Arthur, J., Bagley, L., Lennox, A., Rogers, P. J. und Stanner, S. (2017): What can the food and drink industry do to help achieve the 5% free sugars goal? Perspectives in Public Health, 137 (4), 237-247.

Grob, P. (2018a). Zuckerreduktion im Coating von gepufften Cerealien. Semesterarbeit. 4.Semester Bachelorstudiengang Lebensmitteltechnologie 2015, ZHAW (unveröffentlicht).

Grob, P. (2018b): Optimierung des Herstellungprozesses von Frühstückscerealien Typ «Crunchy / Granola» und Entwicklung weiterer zuckerreduzierter Varianten. Bachelorarbeit. 6.Semester Bachelorstudiengang Lebensmitteltechnologie 2015, ZHAW (unveröffentlicht).

Heiss, R. und Eichner, K. (1995): Haltbarmachen von Lebensmitteln 3. Auflage. Berlin Heidelberg: Springer Verlag.

Housez B., Cazaubiel M., Vergara C., Bard J.-M., Adam A., Einerhand A. und Samuel P. (2012): Evaluation of digestive tolerance of a soluble corn fibre. Journal of Human Nutrition and Dietetics 25, 488–496.

Hutchings, S. C., Low, J. Y. Q. und Keast R. S. J. (2019): Sugar reduction without compromising sensory perception. An impossible dream? Critical Reviews in Food Science and Nutrition 59 (14), 2287-2307.

Infanger, E. (2018): Zugesetzter Zucker in Joghurt und Frühstückscerealien auf dem Schweizer Markt - Standortbestimmung 2017 und Vergleich mit 2016. (Abgerufen von https://www.blv.admin.ch/blv/de/home/lebensmittel-und-ernaehrung/ernaehrung/produktzusammensetzung/zuckerreduktion/joghurts-und-fruehstueckscerealien.html am 24.07. 2019)

ISO 8588:2017: Sensory analysis — Methodology — «A» – «not A» test.

Kaur, N. und Gupta, A.K. (2002): Applications of inulin and oligofructose in health and nutrition. Journal of biosciences 27 (7), 703-714.

Keller D. (2019): Wie schmeckt süss? Eine explorative Fallstudie zur Veränderbarkeit der Geschmacksschwelle süss bei Kindern im Schulsetting. Bachelorarbeit. Bachelorstudiengang Ernährung und Diätetik, Fernfachhochschule Schweiz (unveröffentlicht).

Koh, L., Jiang, B., Kasapis, S. und Foo, C. W. (2011): Structure, sensory and nutritional aspects of soluble-fibre inclusion inprocessed food products. Food Hydrocolloids 25, 159-164.

Labbe D, Rytz A, Morgenegg C, Ali S, Martin N. (2007): Subthreshold olfactory stimulation can enhance sweetness. Chemical Senses. 32:205–214.

Lally P, Van Jaarsveld C. H., Potts H. W. und Wardle J. (2010): How are habits formed: Modelling habit formation in the real world. European journal of social psychology 40(6):998-1009.

Lawless, H. T. und Heymann, H. (2010): Sensory evaluation of food: principles and practices (2. ed.). New York: Springer.

Leistner, L. (1992): Food preservation by combined methods. Food research international 25 (2), 151-158.

Machado M. F., Oliveira F. A. R., Cunha L. M. (1999): Effect of milk fat and total solids concentration on the kinetics of moisture uptake by ready-to-eat breakfast cereal. International Journal of Food Science & Technology 34(1), 47–57.

MacGregor, G. A., und Hashem, K. M. (2014): Action on sugar—lessons from UK salt reduction programme. The Lancet, 383(9921), 929-931.

Medina W. T., de la Llera A. A., Condori J. L. und Aguilera J. M. (2011): Physical Properties and Microstructural Changes during Soaking of Individual Corn and Quinoa Breakfast Flakes. Journal of Food Science 76(3), E254–65.

Meussdoerffer, F. und Zarnkow, M. (2016): Das Bier: eine Geschichte von Hopfen und Malz (Originalausgabe, 2., durchgesehene Auflage.). München: Verlag C.H.Beck.

Michon, C., O'Sullivan, M. G., Delahunty, C. M., & Kerry, J. P. (2009): The investigation of gender related sensitivity differences in food perception. Journal of Sensory Studies, 24(6), 922–937.

Min, S. C., Kim, Y. T. und Han, J. H. (2010): Packaging and the Shelf Life of Cereals and Snack Foods. In G. L. Robertson, Food Packaging and Shelf Life (S. 339-351). Boca Raton: Taylor and Francis Group.

Mosca, A. C., van de Velde, F., Bult, J. H. F., van Boekel, M. A. J. S. und Stieger, M. (2010): Enhancement of sweetness intensity in gels by inhomogeneous distribution of sucrose. Food Quality and Preference 21, 837–842.

Mosca, A.C., van de Velde, F., Bult, J. H. F., van Boekel, M. A. J. S. und Stieger, M. (2012): Effect of gel texture and sucrose spatial distribution on sweetness perception. LWT – Food Science and Technology 46, 183-188.

Mosca, A.C., Bult, J. H. F. und Stieger, M. (2013): Effect of spatial distribution of tastants on taste intensity, fluctuation of taste intensity and consumer preference of (semi-)solid food products. Food Quality and Preference 28, 182-187.

Nadel L., Hupbach A., Gomez R. und Newman-Smith K. (2012): Memory formation, consolidation and transformation. Neuroscience & Biobehavioral Reviews 36(7):1640-1645.

Oliveira, D., Reis, F., Deliza, R., Rosenthal, A., Giménez, A. und Ares, G. (2016): Difference thresholds for added sugar in chocolate-flavoured milk: Recommendations for gradual sugar reduction. Food Research International 89, 448-453.

Portmann A. (2018). Unterschiedsschwellen für Süsse. Semesterarbeit 4. Semester Bachelorstudiengang Lebensmitteltechnologie 2016, ZHAW (unveröffentlicht).

Prescott J. (1999): Flavour as a psychological construct: implications for perceiving and measuring the sensory qualities of foods. Food Quality and Preference 10:349–356.

Robin, F., Schuchmann, H. P. und Palzer, S. (2012): Dietary fiber in extruded cereals: Limitations and opportunities. Trends in Food Science and Technology 28 (1), 23-32.

Rogers, L. (Hrsg.) (2017): Discrimination testing in sensory science: a practical hand-book. Duxford: Elsevier/Woodhead Publishing.

Rozin, P. (1982): Taste-smell confusions and the duality of the olfactory sense. Perception & Psychophysics, 31, 397-401.

Sacchetti G., Pittia P., Biserni M., Pinnavaia G. G. und Rosa M. D. (2003): Kinetic modelling of textural changes in ready-to-eat breakfast cereals during soaking in semi-skimmed milk. International Journal of Food Science & Technology 38(2), 135–43.

Sakai, N., Kobayakawa, T., Gotow, N., Saito, S. und Imada, S. (2001): Enhancement of Sweetness Ratings of Aspartame by a Vanilla Odor Presented Either by Orthonasal or Retronasal Routes. Perceptual and Motor Skills, 92(3_suppl), 1002–1008.

Sartor F., Donaldson L. F., Markland D. A., Loveday, H., Jackson, M. J. und Kubis, H.-P. (2011): Taste perception and implicit attitude toward sweet related to body mass index and soft drink supplementation. Appetite 57(1), 237–46.

Savitha, Y. S., Indrani, D. und Prakash, J. (2008): Effect of replacement of sugar with sucralose and maltodextrin on rheological characteristics of wheat flour dough and quality of soft dough biscuits. Journal of Texture Studies 39, 605–616.

Smith, J. P., Daifas, D. P., El-Khoury, W., Koukoutsis, J., und El-Khoury, A. (2004): Shelf life and safety concerns of bakery products—a review. Critical reviews in food science and nutrition 44 (1), 19-55.

Stevenson, R. J., Boakes, R. A. und Prescott, J. (1998): Changes in odor sweetness resulting from implicit learning of a simultaneous odor-sweetness association: an example of learned synesthesia. Learning and Motivation, 29, 113-132.

Stevenson, R.J., Prescott J., Boakes R.A. (1999): Confusing tastes and smells: how odours can influence the perception of sweet and sour tastes. Chemical Senses. 24:627–635.

Stieger, M. und van de Velde, F. (2013): Microstructure, texture and oral processing: New ways to reduce sugar and salt in foods. Current Opinion in Colloid und Interface Science 18 (4), 334-348.

Tate & Lyle (2017): Soluble Corn Fibre – Health Benefits and Product Applications. (abgerufen von https://www.tateandlyle.com/sites/default/files/2017-12/tate-lyle-soluble-corn-fibre-brochure-2017.pdf am 19.07.2019)

Valentin, D., Chrea, C. und Nguyen, D. H. (2006): Taste–odour interactions in sweet taste perception In Spillane, William J. (Hrsg.): Optimising Sweet Taste in Foods. Woodhead Publishing.

Verhagen, J. und Engelen, L. (2006): The neurocognitive bases of human multimodal food perception: Sensory integration. Neuroscience und Biobehavioral Reviews 30 (5), 613-650.

Wise, P. M., Nattress, L., Flammer, L. J. und Beauchamp, G. K. (2016): Reduced dietary intake of simple sugars alters perceived sweet taste intensity but not perceived pleasantness. The American Journal of Clinical Nutrition 103 (1), 50–60.

Yildirim, S. (2018): Packaging of Major Food Groups. (unveröffentlicht).

Zeug, K. (2013): Mach es anders! Zeit Wissen 2. (abgerufen von https://www.zeit.de/zeit-wissen/2013/02/Psychologie-Gewohnheiten am 12.08.2019)

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Übersicht genereller Projektablauf ... 5
Abbildung 2: Visuelles Beispiel für den Kontrasteffekt (eigene Darstellung) ... 16
Abbildung 3: FlowChart Herstellung Gebackene Sorten ... 22
Abbildung 4: FlowChart Herstellung Flakes (modifiziert nach B. Menge, persönliche Kommunikation 18.07.2019) ... 30
Abbildung 5: FlowChart Herstellung Basis Extrudate Direct-Expanded Cereals (modifiziert nach D. Adeline, persönliche Kommunikation am 22.08.2019) ... 37
Abbildung 6: FlowChart Coating Direct-Expanded Cereals ... 38
Abbildung 7: Vorbereitetes Probenset für einen Prüfer ... 46
Abbildung 8: Produktmuster Gebackene Sorten ZAW 1 für Konsumententests ... 49
Abbildung 9: Produktmuster Gebackene Sorten ZAW 2 und 3 für Konsumententests ... 50
Abbildung 10: Produktmuster Flakes erster ZAW für Konsumententests ... 50
Abbildung 11: Produktmuster Flakes weitere ZAW für Konsumententests ... 51
Abbildung 12: Produktmuster Direct-Expanded Cereals ZAW 1 für Konsumententests ... 52
Abbildung 13: Produktmuster Direct-Expanded Cereals ZAW 2 und 3 für Konsumententests ... 52

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Übersicht betrachtete Ansätze zur Zuckerreduktion ... 6
Tabelle 2: Übersicht Produkte und Zuckerausgangswerte ... 21
Tabelle 3: Rezepturen Gebackene Sorten Nature ZAW 1 ... 23
Tabelle 4: Rezepturen Gebackene Sorten Nature ZAW 2 ... 24
Tabelle 5: Rezepturen Gebackene Sorten Nature ZAW 3 ... 24
Tabelle 6: Rezepturen Gebackene Sorten Frucht ZAW 1 ... 25
Tabelle 7: Rezepturen Gebackene Sorten Frucht ZAW 2 ... 26
Tabelle 8: Rezepturen Gebackene Sorten Frucht ZAW 3 ... 26
Tabelle 9: Rezepturen Gebackene Sorten Schokolade ZAW 1 ... 27
Tabelle 10: Rezepturen Gebackene Sorten Schokolade ZAW 2 ... 28
Tabelle 11: Rezepturen Gebackene Sorten Schokolade ZAW 3 ... 28
Tabelle 12: Rezepturen Flakes Nature ZAW 2 ... 31
Tabelle 13: Rezepturen Flakes Nature ZAW 1 ... 31
Tabelle 14: Rezepturen Flakes Nature ZAW 3 ... 32
Tabelle 15: Rezepturen Flakes Frucht ZAW 1 ... 33
Tabelle 16: Rezepturen Flakes Frucht ZAW 2 ... 34
Tabelle 17: Rezepturen Flakes Schokolade ZAW 2 ... 35
Tabelle 18: Rezepturen Flakes Schokolade ZAW 1 ... 36
Tabelle 19: Rezeptur Basis der HoneyBalls ... 39
Tabelle 20: Rezepturen Coating slurry HoneyBalls ... 39
Tabelle 21: Verhältnis Basis zu Coating HoneyBalls ... 39
Tabelle 22: Zugesetzter Zucker HoneyBalls ZAW 1 ... 40

Tabelle 23: Zugesetzter Zucker HoneyBalls ZAW 2 40
Tabelle 24: Zugesetzter Zucker HoneyBalls ZAW 3 40
Tabelle 25: Rezeptur Basis ChocoBalls 41
Tabelle 26: Rezepturen Coating slurry ChocoBalls 41
Tabelle 27: Verhältnis Basis zu Coating ChocoBalls 42
Tabelle 28: Zugesetzter Zucker ChocoBalls ZAW 1 42
Tabelle 29: Zugesetzter Zucker ChocoBalls ZAW 2 42
Tabelle 30: Zugesetzter Zucker ChocoBalls ZAW 3 42
Tabelle 31: Rezepturen Coating slurry HoneyPops 43
Tabelle 32: Verhältnis Basis zu Coating HoneyPops 43
Tabelle 33: Zugesetzter Zucker HoneyPops ZAW 1 44
Tabelle 34: Zugesetzter Zucker HoneyPops ZAW 2 44
Tabelle 35: Zugesetzter Zucker HoneyPops ZAW 3 44
Tabelle 36: Beispielhafte Tabelle für die zusammengefassten Ergebnisse eines «A»-«not A»-Tests .. 47
Tabelle 37: Ergebnisse «A»-«not A»-Test Gebackene Sorten Nature ZAW 1 54
Tabelle 38: Ergebnisse «A»-«not A»-Test Gebackene Sorten Nature ZAW 2 56
Tabelle 39: Ergebnisse «A»-«not A»-Test Gebackene Sorten Nature ZAW 3 56
Tabelle 40: Ergebnisse «A»-«not A»-Test Gebackene Sorten Frucht ZAW 1 Teil 1 58
Tabelle 41: Ergebnisse «A»-«not A»-Test Gebackene Sorten Frucht ZAW 2 60
Tabelle 42: Ergebnisse «A»-«not A»-Test Gebackene Sorten Frucht ZAW 3 60
Tabelle 43: Ergebnisse «A»-«not A»-Test Gebackene Sorten Schokolade ZAW 1 62
Tabelle 44: Ergebnisse «A»-«not A»-Test Gebackene Sorten Schokolade ZAW 2 64
Tabelle 45: Ergebnisse «A»-«not A»-Test Gebackene Sorten Schokolade ZAW 3 64
Tabelle 46: Ergebnisse «A»-«not A»-Test Flakes Nature ZAW 2 67
Tabelle 47: Ergebnisse «A»-«not A»-Test Flakes Nature ZAW 1 69
Tabelle 48: Ergebnisse «A»-«not A»-Test Flakes Nature ZAW 3 Teil 1 69
Tabelle 49: Ergebnisse «A»-«not A»-Test Flakes Frucht ZAW 1 Teil 1 71
Tabelle 50: Ergebnisse «A»-«not A»-Test Flakes Frucht ZAW 2 73
Tabelle 51: Ergebnisse «A»-«not A»-Test Flakes Schokolade ZAW 2 75
Tabelle 52: Ergebnisse «A»-«not A»-Test Flakes Schokolade ZAW 1 Teil 1 77
Tabelle 53: Ergebnisse «A»-«not A»-Test Direct-Expanded Cereals HoneyBalls ZAW 1 80
Tabelle 54: Ergebnisse «A»-«not A»-Test Direct-Expanded Cereals HoneyBalls ZAW 2 82
Tabelle 55: Ergebnisse «A»-«not A»-Test Direct-Expanded Cereals HoneyBalls ZAW 3 82
Tabelle 56: Ergebnisse «A»-«not A»-Test Direct-Expanded Cereals ChocoBalls ZAW 1 84
Tabelle 57: Ergebnisse «A»-«not A»-Test Direct-Expanded Cereals ChocoBalls ZAW 2 86
Tabelle 58: Ergebnisse «A»-«not A»-Test Direct-Expanded Cereals ChocoBalls ZAW 3 86
Tabelle 59: Ergebnisse «A»-«not A»-Test Direct-Expanded Cereals HoneyPops ZAW 1 88
Tabelle 60: Ergebnisse «A»-«not A»-Test Direct-Expanded Cereals HoneyPops ZAW 2 90
Tabelle 61: Ergebnisse «A»-«not A»-Test Direct-Expanded Cereals HoneyPops ZAW 3 90
Tabelle 62: Übersicht mögliche Reduktionsschritte Gebackene Sorten 92
Tabelle 63: Übersicht mögliche Reduktionsschritte Flakes 92
Tabelle 64: Übersicht mögliche Reduktionsschritte Direct-Expanded Cereals 93

Tabelle 65: Anteil signifikanter Tests pro Zielgruppe 94
Tabelle 66: Reduktionsschritte und Zeitintervalle Gebackene Sorten 98
Tabelle 67: Reduktionsschritte und Zeitintervalle Flakes 99
Tabelle 68: Reduktionsschritte und Zeitintervalle Direct-Expanded Cereals 100
Tabelle 69: Vergleich Zuckeranalyse vs. berechneter zugesetzter Zucker 102
Tabelle 70: Übersicht Effektivität / Wirtschaftlichkeit / Umsetzbarkeit Gebackene Sorten 107
Tabelle 71: Übersicht Effektivität / Wirtschaftlichkeit / Umsetzbarkeit Flakes 108
Tabelle 72: Übersicht Effektivität / Wirtschaftlichkeit / Umsetzbarkeit Direct-Expanded Cereals 109

Formelverzeichnis

Formel 1: Berechnung der Testgrösse U 47
Formel 2: Berechnung Anzahl richtiger Antworten 47

Anhang

A Bericht zur Literaturrecherche

B Flussdiagramme Gebackene Sorten

C Spezifikation Hartweizen

D Rezepturen Frühstückscerealien inkl. Berechnung zugesetzter Zucker

E Testdesign Konsumententests

F Prüfformular (Fizz)

G Rohdaten und Auswertungen Konsumententests

H Fragenkatalog Wirtschaftlichkeit

I Retournierte Fragenkataloge Wirtschaftlichkeit

J Zuckeranalyse

K Bilder Frühstückscerealien

L Spezifikation Modifying Aroma

M Spezifikation Promitor (Binder)

N Spezifikation Calciumcarbonat