

Literaturrecherche

Zuckerreduktion in Frühstückscerealien: Technologische Machbarkeit und sensorische Wahrnehmung

Projekt SIMAP-Nr.: (17050) 341

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

05.12.2019

Ausgangslage

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 das Ziel verfolgt, den Zuckerkonsum in der Bevölkerung zu senken. Auf Grundlage 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 technologisch machbaren Möglichkeiten auch die sensorische Wahrnehmung der Zuckerreduktion durch Konsumenten untersucht werden soll. Ein Teil dieses Projektes ist der vorliegende Bericht zur Literaturrecherche.

Neben der Literaturrecherche zu Sensorik-basierten und technologischen Möglichkeiten der Zuckerreduktion sowie Grösse der Reduktionsschritte und Zeitintervalle zwischen den einzelnen Reduktionsschritten umfasst der Bericht Telefoninterviews mit Experten aus verschiedenen Bereichen sowie eine Marktsichtung.

Zusammenfassung

Die Literaturrecherche stellte sich als herausfordernd dar. Es wurden in allen Bereichen (Sensorik-basierte Möglichkeiten, technologische Möglichkeiten, Reduktionsschritte, Zeitintervalle) kaum Studien gefunden, welche Frühstückscerealien behandeln, so dass auf andere Produktgruppen ausgewichen werden musste. Z. T. war es 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 so einfach wie möglich zu halten. So werden in erster Linie sensorische Effekte (Aroma, Zuckerverteilung, Partikelgrösse, Kontrasteffekt, Coating in mehreren Schichten) als Ansatz zur Zuckerreduktion vorgeschlagen. Daneben sind der Einsatz von funktionellen Inhaltsstoffen (z.B. Nahrungsfasern) oder die Vorverkleisterung (enzymatischer Stärkeabbau) vielversprechende Ansätze.

Bezüglich der Reduktionsschritte kann aus den gefundenen Studien und den Telefoninterviews abgeleitet werden, dass eine 2 bis 5%ige Zuckerreduktion in einem Schritt möglich ist, ohne dass die Konsumenten dies sensorisch bemerken.

Zwischen den einzelnen Reduktionsschritten sollte ein Zeitraum von einem halben bis einem Jahr liegen. Diese Empfehlung basiert in erster Linie auf den Aussagen der Telefoninterviews, deckt sich aber auch mit den in der Literatur gefundenen Angaben.

Der vorliegende Bericht wurde weitestgehend zu Projektbeginn erstellt. Die Recherche wurde im Projektverlauf weitergeführt und der Bericht entsprechend überarbeitet. Sie bildet den momentanen

**Zuckerreduktion in Frühstückscerealien:
Technologische Machbarkeit und sensorische Wahrnehmung**

Stand des Wissens ab und stellte eine fundierte Grundlage zum Start der nächsten Projektphase (Entwicklung der Produktmuster) dar.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	5
2	Theorie	6
2.1	Gesundheitlicher Aspekt der Zuckerreduktion	Fehler! Textmarke nicht definiert.
2.2	Herstellung von FSC.....	6
2.2.1	Gebackene Sorten	6
2.2.2	Flakes	7
2.2.3	Direct-Expanded Cereals	8
2.2.3.1	Extrudierte direct-expanded cereals.....	8
2.2.3.2	Gepuffte direkt-expandede Cerealien	9
2.3	Wahrnehmung der Süsse	9
3	Methodik.....	12
3.1	Literaturrecherche.....	12
3.2	Marktsichtung	Fehler! Textmarke nicht definiert.
3.3	Telefoninterviews / Expertengespräche	13
4	Ergebnisse	14
4.1	Möglichkeiten der Zuckerreduktion.....	14
4.1.1	Sensorische Effekte	14
4.1.1.1	Heterogene und homogene Mischungen.....	14
4.1.1.2	Modulation durch Aromastoffe	15
4.1.1.3	Psychophysiologische Effekte.....	17
4.1.1.4	Eigene Untersuchungen	20
4.1.2	Technologie / Inhaltsstoffe.....	22
4.1.2.1	Nahrungsfasern	22
4.1.2.2	Polydextrose	24
4.1.2.3	Polyole	25
4.1.2.4	Enzymatischer Stärkeabbau	25
4.1.2.5	Fett	25
4.1.2.6	Sojaprotein	25
4.1.2.7	Calciumcarbonat.....	26

4.1.2.8	Patentierte Zuckerreduktionslösungen	Fehler! Textmarke nicht definiert.
4.2	Reduktionsschritte	27
4.3	Zeitintervalle.....	30
4.4	Stille Reduktion.....	31
4.5	Spezielle Zielgruppen für FSC	32
4.6	Marktsichtung	Fehler! Textmarke nicht definiert.
4.7	Zusammenfassung Telefoninterviews	33
5	Diskussion und Fazit	38
	Literaturverzeichnis	41
	Abbildungsverzeichnis.....	50
	Tabellenverzeichnis	50
	Formelverzeichnis	50

1 Einleitung

Die Nachfrage nach Cerealien¹ in der Schweiz hat in den letzten Jahren zugenommen. So betrug der Absatz pro Kopf 2010 2.854 kg und 2016 bereits 3.249 kg (Statista 2017). Die Daten der Schweizer Ernährungserhebung menuCH zeigen für Frühstücksflocken einen Konsum von 10.4 g pro Person und Tag in den Jahren 2014/15 (BLV 2017). Der Zuckergehalt der Produktgruppe Frühstückscerealien ist sehr hoch (Infanger 2017), weshalb vermehrt nach Möglichkeiten einer Reduktion von zugesetztem Zucker² gesucht wird. Das liegt auch darin begründet, weil Frühstückscerealien (FSC) an sich als gesund wahrgenommen werden und es daher sinnvoll ist, die Zuckerreduktion bei dieser Produktkategorie exemplarisch voranzutreiben und die Strategie der Zuckerreduktion peu à peu auf weitere Produkte auszuweiten.

Das BLV hat der ZHAW den Auftrag erteilt, eine Studie zur Reduktion des Zuckergehaltes von Frühstückscerealien durchzuführen, wobei neben den technologisch machbaren Möglichkeiten auch die sensorische Wahrnehmung der Zuckerreduktion durch Konsumenten³ untersucht werden soll.

In dem vorliegenden Bericht werden anhand einer Literaturrecherche mögliche Ansätze zur Zuckerreduktion sowie Informationen hinsichtlich der Grösse der Reduktionsschritte und der Zeitintervalle zwischen diesen einzelnen Reduktionsschritten zusammengetragen.

Daneben wurden Telefoninterviews mit Experten aus den Bereichen Industrie / Handel von Cerealien sowie Experten aus dem Bereich Gesundheit / Konsumentenschutz durchgeführt, um die Literaturrecherche zu ergänzen und allfällige Lücken zu schliessen.

¹ Cerealien umfassen hier Müesli und andere getreidebasierte Frühstücksflocken wie Cornflakes oder Haferflocken.

² Unter Zucker sind in diesem Bericht, soweit nicht anders vermerkt, alle Mono- und Disaccharide zu verstehen.

³ In der folgenden Arbeit wird aus Gründen der besseren Lesbarkeit ausschliesslich die männliche Form verwendet. Sie bezieht sich auf Personen beiderlei Geschlechts.

Zuckerreduktion in Frühstückscerealien: Technologische Machbarkeit und sensorische Wahrnehmung

2 Theorie

Nachfolgend werden die Grundlagen der Herstellung von Frühstückscerealien sowie kurz für das Projekt wichtige Aspekte der Wahrnehmung der Süsse dargestellt.

2.1 Herstellung von FSC

Zucker, Salz und Fett sind wichtig für die sensorischen Eigenschaften von Lebensmitteln. Da diese Inhaltsstoffe verschiedene funktionelle Eigenschaften aufweisen, beeinflusst eine Reduktion nicht nur den Geschmack, sondern auch das Aroma, die Textur und das Aussehen eines Produkts (Stieger und van de Velde 2013).

Saccharose und andere Zuckerarten werden in der Lebensmittelherstellung als Quelle von Süsse und Energie (primäre Funktion), Geschmacks- und Aromaverstärker, Konservierungsmittel, zur Unterstützung der Farbentwicklung und als Lieferant von Volumen und Konsistenz zu der Produktstruktur (Stieger und van de Velde 2013) genutzt.

In Cerealien wird Zucker dem Rohmaterial oder dem Coating als Geschmacksverstärker beigefügt und steuert zusätzlich die Verkleisterung der Stärke (Tribelhorn 1991).

Verzehrfertige Cerealien werden üblicherweise aus einem Gemisch von einem oder mehreren Getreidekomponenten und weiteren Zutaten hergestellt und benötigen eine intensive Verarbeitung (Pathare und Byrne 2011). Die Produktgruppe wird anhand ihres Herstellungsprozesses oft in die drei Kategorien gebackene Sorten, Flakes und direct-expanded Cereals eingeteilt.

2.1.1 Gebackene Sorten

Aggregierte, gebackene Cerealienarten, Granola, Knuspermüesli oder Crunchy, bestehen hauptsächlich aus Haferflocken und Zucker. Zudem können weitere Zutaten wie z.B. Nüssen oder Früchte Bestandteile solcher FSC sein. Die Herstellung beinhaltet das Vermischen der trockenen Zutaten und die Zugabe eines Bindemittels, das üblicherweise Zucker, Wasser, Melasse und/oder Öl enthält. Anschliessend wird das Produkt bei 150-220 °C gebacken bis die gewünschten Farb- und Textureigenschaften erreicht sind (Pathare und Byrne 2011).

Neben der Standardherstellung können auch andere Produktionsweisen, wie die Feuchtgranulierung mit High-Shear⁴ Granulation oder Wirbelschicht Granulation eingesetzt werden (Pathare und Byrne 2011). Bei der Granulation mit höherer Scherwirkung werden die Textur und die physikalischen Eigenschaften des Granulats durch die Rotationsgeschwindigkeit, die Bindemittelmenge und Knetzeit signifikant beeinflusst. Bei der Wirbelschicht Granulation beeinflussen der Luftdüsendruck und die Bindemittelsprührate auch die sensorischen Eigenschaften der gebackenen Cerealien. Aufgrund der Möglichkeit der High-shear Granulation, grössere, dichtere und weniger zerbrechliche Granola zu produzieren, wird dieser Prozess oftmals bevorzugt (Pathare 2010).

⁴ High-Shear = Hohe Scherkräfte

Zuckerreduktion in Frühstückscerealien: Technologische Machbarkeit und sensorische Wahrnehmung

Zucker ist ein wesentlicher Bestandteil gebackener Cerealienarten. Li und Schuhmann (1981) untersuchten vierzehn Granolasorten von sieben unterschiedlichen Herstellern mittels Gaschromatographie. Der Gesamtzuckeranteil betrug zwischen 22-32% der Trockenmasse, mit überwiegend Saccharose, zusammen mit variierenden Mengen an Fructose, Glucose und teilweise Lactose⁵ (Li und Schuhmann 1981).

2.1.2 Flakes

Getreideflakes waren die ersten verzehrfertig verfügbaren FSC. Nach der traditionellen Herstellungsmethode wird das zerkleinerte Getreide mit den weiteren Zutaten vermischt und für mindestens 2 Stunden unter Druck gedämpft. Die gedämpfte Masse wird dann in kleine Teile gebrochen und unter kontrollierten Bedingungen getrocknet. Die Körner werden dann entweder für 24 Stunden temperiert oder direkt zwischen Stahlwalzen zu Flakes verarbeitet. Die Flakes werden unter hohen Temperaturen getrocknet und getoastet um den gewünschten Geschmack und die gewünschte Farbe zu erhalten (Tribelhorn 1991).

Um optimierte und neue Produkte herstellen zu können, werden heute unterschiedliche Varianten dieses Herstellungsprozesses eingesetzt und das Dampfgaren wurde durch einen Extrusionsprozess ersetzt. Die Extrusion⁶ ermöglicht ein Kochen des Getreides und die Bildung von gleichmässigen Pellets (Tribelhorn 1991).

Da der Herstellungsprozess keine spezielle Verarbeitung der Rohmaterialien erfordert, enthalten Flakes wenige Zusatzstoffe. Zucker und Malz werden häufig beigegeben, um den Geschmack des Produkts zu verbessern. Zudem fördern diese Zutaten die Maillard-Reaktion⁷, welche den Flakes Farbe und Geschmack hinzufügt (Tribelhorn 1991).

Einige der auf dem Markt erhältlichen Produkte in dieser Kategorie sind noch gecoatet, wodurch sich der Zuckeranteil erhöht. Beim Coating wird ein feiner, gleichmässiger Überzug aufgetragen, der das Produkt zum Beispiel gegen äußere Einflüsse schützt. Auch zur sensorischen sowie optischen Verbesserung können die Produkte mit einer Coatingschicht ummantelt werden. Beschichtungen können u.a. aus Schokolade oder Zuckerlösungen bestehen, aber auch geschmolzene Fette, wässrige oder alkoholische Lösungen oder andere Flüssigkeiten werden beim Coaten eingesetzt.

⁵ Als Quelle für die Lactose nennen die Autoren in der Studie Molke und Milchpulver, welche unter den Zutaten der entsprechenden Produkte zu finden sind.

⁶ Bei der Extrusion handelt es sich um einen Verarbeitungsschritt, bei welchem mit Wärme, Druck und Scherung die Textur und die ernährungsphysiologischen Eigenschaften eines Lebensmittels verändert werden. Die Eigenschaften des Endproduktes sind stark von Druck, Temperatur, Wassergehalt und der generellen Zusammensetzung der Rezeptur abhängig.

⁷ Die Maillard-Reaktion ist eine nicht-enzymatische Bräunungsreaktion, welche durch Hitze induziert wird. Hierbei reagieren reduzierende Zucker mit Aminosäuren, Peptiden oder Proteinen, wobei neue Verbindungen entstehen, welche für die Farbgebung und die Aromabildung von großer Bedeutung sind.

Zuckerreduktion in Frühstückscerealien: Technologische Machbarkeit und sensorische Wahrnehmung

Das Coating bietet – für Produkte, welche gecoatet sind – einen Ansatz zur Zuckerreduktion, allerdings wurden in der Literaturrecherche kaum Studien dazu gefunden.

2.1.3 Direct-Expanded Cereals

2.1.3.1 Extrudierte direct-expanded cereals

Extrudierte direct-expanded cereals werden, wie der Name besagt, durch Extrusion hergestellt. Extrusion ist ein Hochtemperatur-Kurzzeit Prozess, bei dem befeuchtete, expansive, stärke- und proteinhaltige Rohmaterialien verarbeitet werden können. Der Prozess umfasst mehrere Schritte, einschliesslich dem Mischen, Kneten, Erhitzen und Scheren. Das Produkt wird mit sogenannten Schnecken durch den Extruder geführt und transportiert. Die mechanische Energie aus der Rotation erzeugt dabei Wärme, die an das Rohprodukt weitergegeben wird. Die Hitzeexposition der Rohstoffe führt zur Proteindenaturierung, zur Bildung von Stärkekleber und zur Plastifizierung des gesamten Volumens. Typischerweise werden Temperaturen zwischen 120-180°C und ein Druck zwischen 12-25 mPa für die Wärmextrusion verwendet. Nach dem Durchlaufen der Extrusionschnecken erfahren die vermischten Zutaten beim Verlassen der Düse eine rasche Druckabsenkung und eine Expansion der Stärke tritt auf (Brnčić et al. 2006; Liu et al. 2000; Navale et al. 2015; Tribelhorn 1991).

Mengenmässige Veränderungen der Zutaten, wie Zucker, Salz und Nahrungsfasern oder Ersatz/Austausch der Zutaten sowie Veränderungen der Prozessparameter, wie die Schraubengeschwindigkeit und Temperatur, können die Variablen der Extrusionsanlage und die Produkteigenschaften, wie die Textur, Struktur, Expansion und sensorische Attribute, beeinflussen (Navale et al. 2015).

Zucker liefert den Cerealien Geschmack und ist während der Extrusion zusätzlich in zahlreichen chemischen Reaktionen involviert (Navale et al. 2015). In höheren Konzentrationen beeinflusst Zucker die Extrusion aufgrund der Veränderung des Wasser-Stärke-Verhältnisses. Die Stärke in der Flüssigkeit wird verdünnt, was die mechanische Reaktion auf Kompression und Scherung der Schnecke reduziert und die spezifische mechanische Energie senkt. Dies reduziert die Temperatur und die Stärkedegradation, so dass das Extrudat weniger stark expandiert (Abb. 1). Zucker verändert zudem die textuellen Eigenschaften des getrockneten Extrudats und führt zu einer erhöhten Knusprigkeit (Guy 2001; Tribelhorn 1991; Werner und Pfeleiderer 2011).

Zuckerreduktion in Frühstückscerealien: Technologische Machbarkeit und sensorische Wahrnehmung

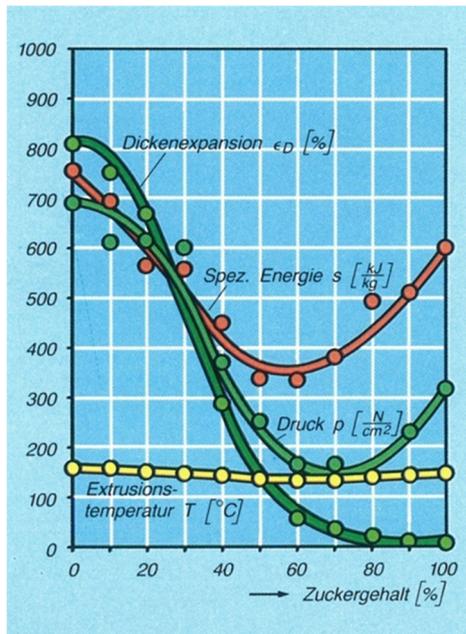


Abbildung 1: Einfluss des Zuckergehalts auf die Extrusionsparameter Temperatur, Druck, spez. Energie und Dickenexpansion (Werner und Pfeleiderer 2011)

Obwohl direkt expandierte Cerealien hohe Zuckergehalte enthalten können, sind nur wenige Studien zur Reduktion von Zucker mittels Austauschstoffen vorhanden.

Wie bei den Flakes (vergl. Kapitel 2.1.2) sind auch hier viele Produkte gecoatet, wodurch sich der Zuckeranteil erhöht. Das Coating bietet – für Produkte, welche gecoatet sind – auch hier einen Ansatz zur Zuckerreduktion, allerdings wurde dazu – wie oben bereits erwähnt – kaum Literatur gefunden.

2.1.3.2 Gepuffte direkt-expandierte Cerealien

Grundlage für den Puffingprozess sind ganze Getreidekörner, welche häufig eine Vorbehandlung mit Salzwasser und Vorerhitzung durchlaufen, wodurch die Kleie etwas brüchig wird und so beim eigentlichen Puffingvorgang vom Korn entfernt wird. Nach der Vorbehandlung werden die Getreidekörner in die Puffingkanone gegeben, in welcher überhitzter Dampf und hoher Druck erzeugt wird. Die Expansion der Getreidekörner wird durch einen schlagartigen Druckabfall erreicht. Gepuffte Cerealien erkennt man daran, dass die charakteristische Form des Getreidekorns erhalten ist, einfach vergrößert (Huber und Kühne 2014; Klingler 2010). Im Unterschied zum Puffingprozess bei den FSC wird beim Poppen (z.B. Herstellung von Popcorn) kein erhöhter Druck eingesetzt.

2.2 Wahrnehmung der Süsse

Faktoren, die eine Beeinflussung der Geschmackswahrnehmung hervorrufen, sind sehr vielfältig und auch noch nicht bis ins letzte Detail geklärt. So spielt die Zusammensetzung des Produkts ebenso eine Rolle wie die gesundheitliche Verfassung, die Erwartung, die emotionale Verbundenheit, die

Zuckerreduktion in Frühstückscerealien: Technologische Machbarkeit und sensorische Wahrnehmung

Aufmerksamkeit und die Stimmung des Konsumenten. Eine Übersicht zum Vorgang «Geschmackswahrnehmung» ist in der nachfolgenden Abbildung schematisch dargestellt (Dürschmid 2009).

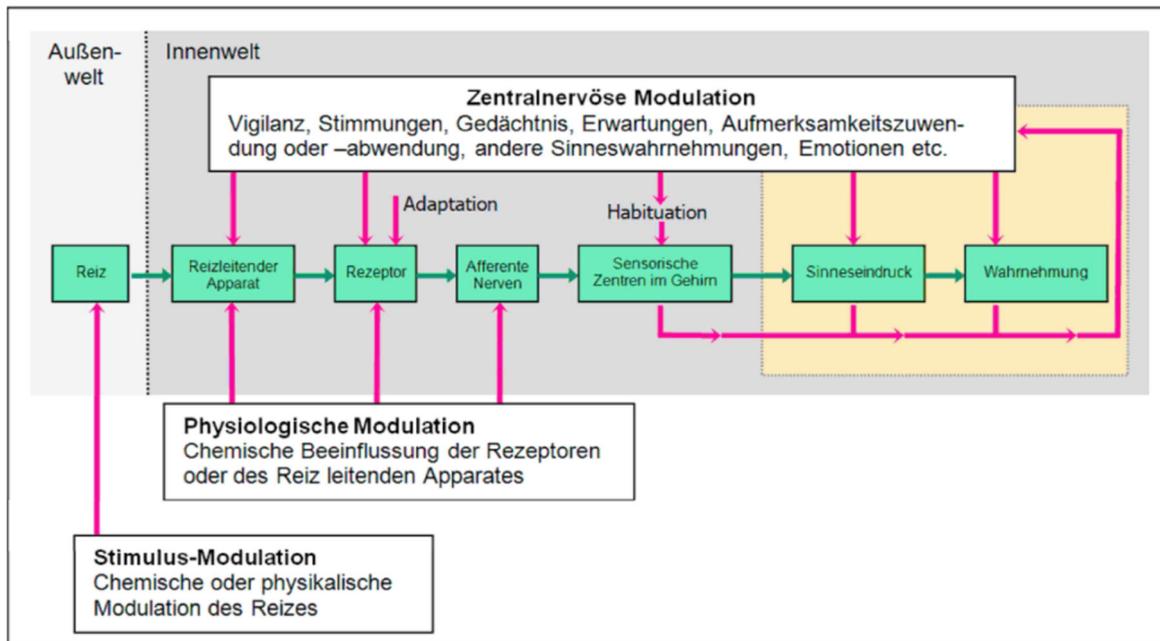


Abbildung 2: Einfache Übersicht zum Verlauf von Geschmackswahrnehmungen ausgehend vom Reiz über die Rezeptoren und via Nerven zum Gehirn (Dürschmid 2009)

Wie in Abbildung 2 zu sehen, wird die Geschmackswahrnehmung wesentlich von den Geschmacksrezeptoren bestimmt, beziehungsweise den Stoffen, die an den Rezeptorzellen als Reiz wirken und einen elektrischen Impuls auslösen. Bereits hier ist es möglich eine Beeinflussung vorzunehmen, sprich die Rezeptorzellen so zu manipulieren, dass verschiedene Geschmacksstoffe einen stärkeren, schwächeren oder gar keinen Impuls mehr auslösen. Dies kann durch sogenannte Geschmacks- und Süßverstärker oder Süß- bzw. Bitterblocker erreicht werden (Dürschmid 2009).

Wird die Süße in ihrer Wahrnehmungsintensität verstärkt, spricht man von einer Modulation der Geschmackswahrnehmung. Unterschieden wird dabei in periphere Modulation, welche bei der Sinneszelle bzw. bei der Signalentstehung geschehen, sowie die zentrale Modulation, welche im Bereich des zentralen Nervensystems aktiv ist.

Die unterschiedliche Wahrnehmung der Süße ist nicht alleine abhängig von dem verzehrten Nahrungsmittel. Massgebenden Einfluss auf die Intensität haben auch äussere Umstände. In einer Studie wurden die Schwellenwerte von Probanden im hungrigen Zustand und nach der Mahlzeit bezüglich Süße verglichen. Das Ergebnis zeigte, dass der Schwellenwert im hungrigen Zustand tiefer war (Zverev 2004).

Zuckerreduktion in Frühstückscerealien: Technologische Machbarkeit und sensorische Wahrnehmung

In einer Untersuchung aus dem Jahre 2009 konnte mittels 274 Probanden herausgefunden werden, dass die Frauen bei der höchsten Konzentration einer süssen Geschmackslösung eine intensivere Geschmacksempfindung hatten als die jeweiligen Männer. Dies könnte ein mögliches Indiz dafür sein, dass Frauen die Süsse als intensiver wahrnehmen als Männer (Michon et al. 2014).

Diese Beispiele dienen zur Verdeutlichung wie komplex und vielfältig die Geschmackswahrnehmung ist.

3 Methodik

Es ist anzumerken, dass die Literaturrecherche nicht mit einem systematischen Review gleichgesetzt werden kann. Es wurde eine ergebnisorientierte und pragmatische Vorgehensweise gewählt.

3.1 Literaturrecherche

Neben einer Handsuche und Quellenstudium verschiedener Literatur wurden im Rahmen einer pragmatischen Literaturrecherche in folgenden Datenbanken recherchiert:

- BASE
- Web of science
- Science direct
- AGRIS
- Pubmed
- NEBIS
- Google Scholar

Dabei wurde mit folgenden Suchbegriffen gearbeitet (einzeln und/oder in verschiedenen Kombinationen):

- Adaptation
- Aroma
- Baked cereals
- Breakfast cereals
- Cereals
- Children
- Coating
- Consumer acceptance
- Cross-modal
- Crunchy
- Direct-expanded cereals
- Flakes
- Granola
- Habituation
- Modulation
- Muesli
- Perception
- Reformulation
- Salt
- Salt reduction
- Sensitivity

Zuckerreduktion in Frühstückscerealien: Technologische Machbarkeit und sensorische Wahrnehmung

- Sensory
- Sensory effects
- Silent sugar reduction
- Sugar
- Sugar reduction
- Technology

Die jeweils gefundenen Treffer aus den Datenbanken wurden in einem dreistufigen, hierarchischen Verfahren ausgewählt:

1. Beurteilung anhand der Überschrift
2. Beurteilung anhand des Abstracts
3. Volltextstudie

Für die Auswahl war jeweils entscheidend, ob aus der Überschrift / dem Abstract eine thematische Zuordnung zu den Themen vorgenommen werden konnte. Ausserdem wurde eine händische Suche anhand von in den Datenbanken vorgeschlagenen weiteren Studien vorgenommen, die ebenfalls nach dem obigen Auswahlverfahren ein- oder ausgeschlossen wurden.

3.2 Telefoninterviews / Expertengespräche

Als Grundlage für Telefoninterviews diente ein Fragenkatalog (siehe Kapitel 4.6), welcher vorgängig erarbeitet wurde. Es wurden insgesamt 15 Personen für ein Telefoninterview angefragt, welche entweder im Bereich Industrie (Maschinenhersteller), Produktion von FSC oder Detailhandel arbeiten oder im Bereich Gesundheit, Ernährung und Konsumentenschutz tätig sind. Bei den angefragten Personen handelt es sich sowohl um solche, welche Projektpartner sind, als auch um solche, welche nicht aktiv im Projekt mitarbeiten.

Die Durchführung der Telefoninterviews erfolgte im Januar 2018.

4 Ergebnisse

4.1 Möglichkeiten der Zuckerreduktion⁸

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 und 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).

4.1.1 Sensorische Effekte

4.1.1.1 Heterogene und homogene Mischungen

Mit dem Begriff heterogene Mischungen im sensorischen Sinne werden Produkte mit mehr als einer Geschmackqualität bezeichnet, die zum Beispiel süß und sauer sind. Homogen werden Produkte mit lediglich einer Geschmacksqualität genannt (Dürschmid 2009).

Im Bereich der heterogenen Mischungen wird in der Literatur lediglich eine tiefe Salzkonzentration in Verbindung mit Saccharose als süssefördernd bezeichnet. Es wird davon ausgegangen, dass die verstärkenden Effekte aufgrund der Wechselwirkungen zwischen Salz und Saccharose in wässrigem Medium auftreten (Kilcast et al. 2001). Bei unterschiedlichen Untersuchungen konnte gezeigt werden, dass die Zugabe von geringen Mengen Salz die Wahrnehmungsintensität von Süsse erhöhen kann. Dabei sollte allerdings berücksichtigt werden, dass die Salzkonzentration nicht zu hoch ist, da sonst die Süsse durch den Salzgeschmack unterdrückt wird. Die verstärkende Wirkung von Salz findet insbesondere bei niedrigen Konzentrationen der Süsse als auch bedingt bei mittleren Konzentrationen statt (Dürschmid 2009, Birch 1999)⁹.

In der Kategorie der homogenen Mischungen sind mehrere Stoffe mit einer synergetischen Wirkung beschrieben. Einige Zuckerersatzstoffe sind der Tabelle 1 zu entnehmen. Es gilt jedoch zu erwähnen, dass diese Stoffe oftmals keine reine Süsse aufweisen, sondern Fehlgeschmäcker aufweisen können (Galindo-Cuspinera et al. 2006). Sie werden hier nur zur Vollständigkeit angegeben, da dieser Ansatz nicht Ziel des vorliegenden Projekts ist.

⁸ Hinsichtlich Umsetzbarkeit, Effizienz resp. Aufwand/Kosten wurden keine Informationen in der Literatur gefunden.

⁹ Genaue Konzentrationen resp. was konkret niedrige und mittlere Konzentrationen der Süsse sind, ist in der Quelle nicht angegeben.

Zuckerreduktion in Frühstückscerealien: Technologische Machbarkeit und sensorische Wahrnehmung

Tabelle 1: Homogene Stoffmischungen die durch Synergieeffekte die Süsse verstärken (modifiziert nach Birch 1999)

Süsstoff-Mischung	Mischverhältnis ¹⁰	% Synergie ¹¹
Saccharose-Natriumcyclamat	75:25	+13
Maltitol-K-Acesulfam	75:25	+19
Maltitol-Natriumcyclamat	50:50	+27
Saccharose-Aspartam	25:75	-33

Legende

% Synergie: + → Gewinn an Süsskraft; - → Verlust an Süsskraft

Eine weitere Möglichkeit ist das Ersetzen der Saccharose durch andere süsse Zuckerarten oder Mischungen daraus. Nicht jede Zuckerart weist eine gleichhohe Süsskraft auf. Durch den Austausch von Saccharose mit einer süsseren Zuckerart wie z.B. Fructose, wäre eine Zuckerreduktion ohne Süsskraftverlust denkbar. Wie in Tabelle 2 zu sehen, ist die Süsskraft von Fructose rund 20% höher als die von Saccharose, dennoch weisen beide denselben Energiegehalt auf. Allerdings sind solche Austauschmöglichkeiten immer sorgfältig mit möglichen gesundheitlichen Wechselwirkungen abzuwägen, da beispielsweise Fructose anders im Körper verstoffwechselt wird als Glucose.

Weiterhin könnte im Bereich von Frühstückscerealien, die bei der Herstellung erhitzt werden, die Süsse verstärkende Verbindung Maltol von Interesse sein. Diese entsteht durch das Erhitzen von Lactose und Maltose (Dürschmid 2009).

Tabelle 2: Zuckerarten und deren Süsskraft bezogen auf die Süsskraft von Saccharose (Süsstkraftzahl von Süssungsmittel (o. J.); Germscheid (o.J.)).

Zuckerart	Süsstkraft	Energiegehalt (kcal/100g)
Saccharose	1	405
Fructose	1.2	405
Glucose	0.8	405
Maltose	0.5	405
Lactose	0.3	405
Agavendicksaft	1.2	287

4.1.1.2 Modulation durch Aromastoffe

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 beim Konsumenten hervorruft. Daher tritt dieser Effekt auf der Stufe der Habituation, des Sinneseindrucks und der Wahrnehmung auf (siehe auch Abbildung 2). Dabei lösen

¹⁰ Mischungsverhältnis: Das Mischungsverhältnis wurde anteilig berechnet, je nachdem wie viel die jeweilige Substanz zur Süsse beiträgt.

¹¹ Synergie: Im Vergleich zu den einzelnen Lösungen. Die beiden Lösungen sind auf die gleiche Süsse eingestellt.

Zuckerreduktion in Frühstückscerealien: Technologische Machbarkeit und sensorische Wahrnehmung

Aromastoffe – unabhängig davon ob ortho- oder retronasal wahrgenommen – denselben Effekt aus (Sakai et al. 2001). Weiter verstärkt ein bestimmter Aromastoff nicht unbedingt nur eine Geschmacksqualität, beispielsweise kann Vanillearoma süß aber auch sauer verstärken (Valentin et al. 2006). Aus der Literatur geht hervor, dass auch Geruchsstoffe in nicht wahrnehmbarer Konzentration durch synergetische Effekte die Süssempfindung verstärken können (Dürschmid 2009). Einer dieser Stoffe ist Buttersäureethylester (Ethylbutanoat), dessen Wahrnehmungsschwelle bei rund 0.1 ppm liegt (Labbe et al. 2007). Folgende Tabelle 3 listet einige Aromastoffe auf, die eine verstärkende Wirkung in Bezug auf die Süsse von Saccharose haben.

Tabelle 3: Aromastoffe und deren Auswirkung auf die Süssempfindung von Saccharose (modifiziert nach Dürschmid 2009)

Geruch	Effekt	Geruch	Effekt
Erdbeere	+	Pflaume	+
Zitrone	+	Kirsche	+
Himbeere	+	Mandel	+
Pfirsich	+	Maltol	+
Kaffee	+	Orange	+

In einer Studie von Lavin und Lawless aus dem Jahr 1998 wurden Teilnehmern aus verschiedenen Altersgruppen zwei verschiedene Milchproben serviert, von denen eine mit Vanilleextrakt versetzt wurde¹². Die Ergebnisse dieses Experiments sind in der nachfolgenden Tabelle 4 gezeigt.

Tabelle 4: Ergebnisse für Süsse, Cremigkeit und Beliebtheit von normaler Milch und aromatisierter Milch (modifiziert nach Lavin und Lawless 1998)

Altersgruppe	Süsse		Cremigkeit		Beliebtheit	
	ohne Aroma	aromatisiert	ohne Aroma	aromatisiert	ohne Aroma	aromatisiert
5-7	13	37 ^a	24	26	19	31 ^b
8-10	4	44 ^a	17	31 ^b	18	30 ^b
11-14	12	71 ^a	39	44	36	47
Erwachsene	6	36	14	28 ^a	12	30 ^b

^a Milch mit zugesetztem Vanillearoma wurde häufiger als intensiver hinsichtlich des entsprechenden Attributes beurteilt als nicht-aromatisierte Milch, $p < 0.05$

^b nicht signifikanter Trend mit $0.05 < p < 0.10$

In allen Altersgruppen zeigte die Probe, die mit Vanille versetzt war, eine höhere Bewertung der Süsse im Vergleich zur Kontrolle. Dies weist darauf hin, dass das Vorhandensein bestimmter Aromen die

¹² Natürlicher Vanilleextrakt wurde der Milch (1% Fett) in einer Konzentration von 0.015% zugegeben. Der Schwellenwert für Vanillin, welches die entscheidende aromaaktive Substanz des Vanillearomas ist, liegt je nach Matrix zwischen 30-200µg/kg.

(https://www.gdch.de/fileadmin/downloads/Netzwerk_und_Strukturen/Fachgruppen/Lebensmittelchemiker/Arbeitsgruppen/aromastoffe/vanille_aroma.pdf)

Zuckerreduktion in Frühstückscerealien: Technologische Machbarkeit und sensorische Wahrnehmung

Süsswahrnehmung der Verbraucher beeinflussen kann. Die Einführung eines Geschmacks oder Aromas, das üblicherweise mit süssen Lebensmitteln wie Erdbeeren oder Schokolade in Verbindung gebracht wird, könnte möglicherweise die Süsswahrnehmung der Verbraucher intensivieren (Lavin und Lawless 1998).

Hoppert et al. (2013) kamen in ihren Studien zu dem Schluss, dass Zuckerreduktion in Joghurt dann eher von Konsumenten akzeptiert wird, wenn entsprechende Aromen die Zuckerreduktion maskieren können.

4.1.1.3 Psychophysiologische Effekte

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 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 zu Verzerrungen führen. Je nachdem womit eine Probe verglichen wird, wird sie im untersuchten Attribut als mehr oder weniger ausgeprägt wahrgenommen (Lawless und Heymann 1990). 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. Aus Untersuchungen geht hervor, dass derselbe Effekt auch bei Geschmacks- oder Geruchsempfindungen auftritt (Burseg et al. 2010a, Burseg et al. 2010b).

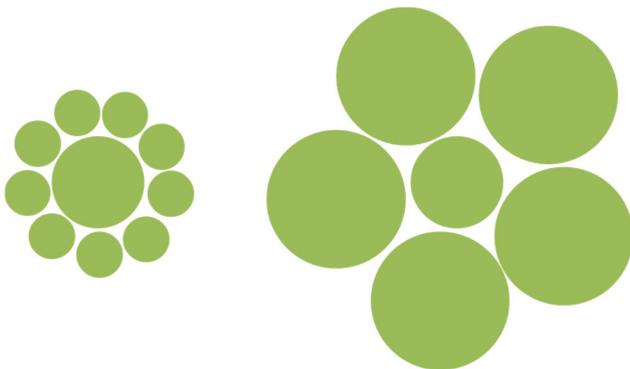


Abbildung 3: Visuelles Beispiel für den Kontrasteffekt (eigene Darstellung)

Die Beurteilung der Intensität eines Geschmackes fällt je nach umgebendem Kontext unterschiedlich aus. Dies zeigte auch eine Untersuchung von Lawless und Heymann (1990) bei der eine Suppe in zwei verschiedenen Kontexten auf einer 9-Punkte Skala bezüglich deren Salzgehalt beurteilt wurde. Die gleiche Probe wurde bei der Prüfung im Kontext mit niedrigem Salzgehalt als rund 25% salziger bewertet als vergleichsweise bei der Beurteilung im Kontext mit höherem Salzgehalt. Daraus kann geschlossen werden, dass, falls es gelingt die Zuckerkonzentration in Produkten geschickt zu verteilen,

Zuckerreduktion in Frühstückscerealien: Technologische Machbarkeit und sensorische Wahrnehmung

sich die Gesamtmenge an Zucker reduzieren lässt ohne die Süssempfindung zu reduzieren (DLG o.J.). Angaben zur technologischen Umsetzung konnten in der Literatur nicht gefunden werden.

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).

Eine ähnliche Untersuchung wurde unter Verwendung der in Abbildung 4 gezeigten Zuckerverteilung von Holm et al. 2009 durchgeführt. Dabei wurden Proben mit homogener Zuckerverteilung und Proben mit inhomogener Zuckerverteilung (bei gleicher Gesamtzuckerkonzentration) miteinander verglichen.

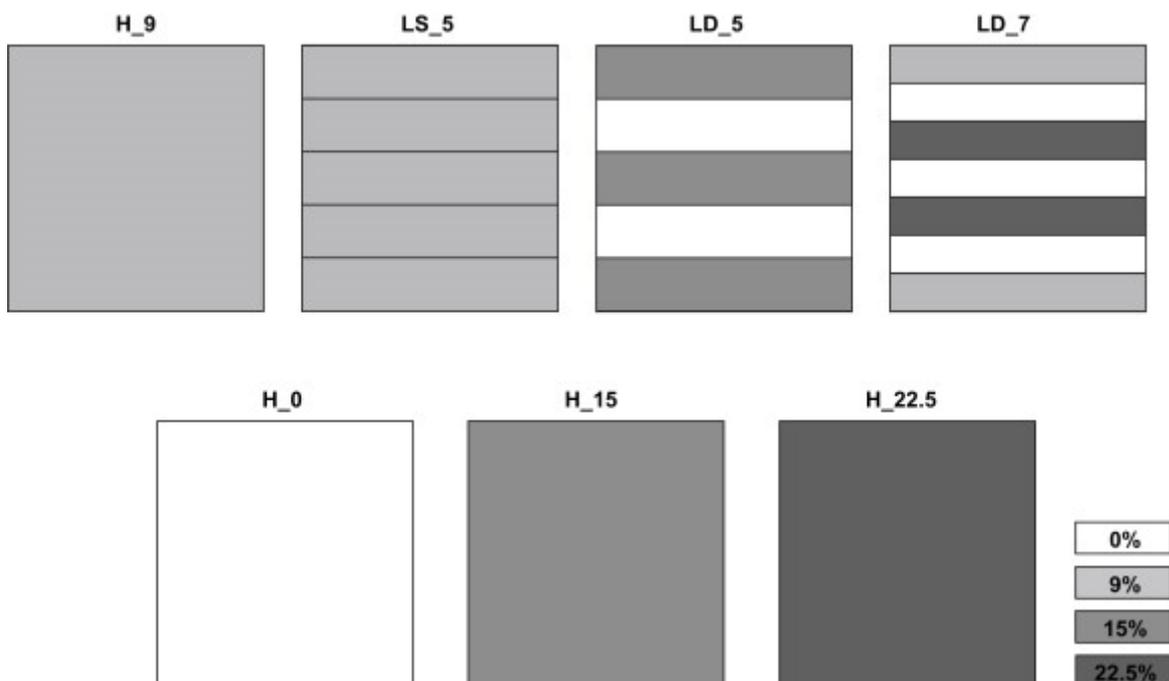


Abbildung 4: Zuckerverteilung in den Proben (Holm et al. 2009)

Zuckerreduktion in Frühstückscerealien: Technologische Machbarkeit und sensorische Wahrnehmung

Die Ergebnisse, wie in Abbildung 5 dargestellt, zeigen die Möglichkeit, die Wahrnehmung der Süsse durch die inhomogene Verteilung von Zucker zu erhöhen. Es ist plausibel, dass die Proben mit den höheren zuckerhaltigen Schichten aussen zunächst eine höhere Süßintensität erreichten, da beim Essen und Kauen der Gele die Rezeptoren im Mundraum zunächst auf diese Schichten trafen. Durch den Kauvorgang lösten sich die unterschiedlichen Schichten und damit die inhomogene Zuckerverteilung auf und die Unterschiede zwischen den Proben gingen verloren (bei gleicher Zuckerkonzentration).

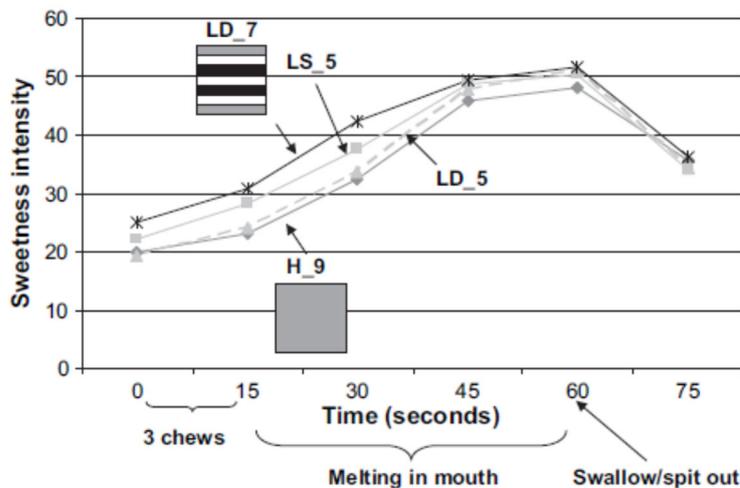


Fig. 5. Sweetness intensities from experiment II for samples with a total mean sugar concentration of 9%. The different eating occasions are indicated along the time scale. Black (x): LD_7, Light grey solid (■): LS_5, Light grey dotted (◆): LD_5, Dark grey (▲): H_9.

Abbildung 5: Intensität der Süsse der Proben zu den unterschiedlichen Messzeitpunkten (Holm et al. 2009)

Das Konzept der Verteilung der süßschmeckenden Substanzen in verschiedenen Schichten resp. Bestandteilen im Produkt kann für die Zuckerreduktion in FSC in Betracht gezogen werden. Diese Methode wird jedoch bei den unterschiedlichen FSC wahrscheinlich unterschiedlich gut funktionieren. Bei einigen FSC wie z.B. mit getrockneten Früchten oder mit Schokolade (z.B. bei Knuspermüeslis) 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 zu testen.

Ein weiterer Ansatz zur Modulation der Süßwahrnehmung ist die Verwendung von multisensorischen Prinzipien. Unterdrückende oder verstärkende Effekte werden beobachtet, wenn Stimuli aus verschiedenen Arten von sensorischen Qualitäten gleichzeitig präsentiert werden (Verhagen und Engelen 2006). Nachfolgend sind einige Beispiele aufgeführt.

So wurde gezeigt, dass die Farbe des Produktes die Wahrnehmung der Süsse beeinflusst. Eine 1997 durchgeführte Untersuchung zeigte, dass, wenn Versuchsteilnehmer mit unterschiedlich gefärbten (farblos, blau, rot, grün, gelb) 5%igen Saccharose-Lösungen konfrontiert wurden und gebeten wurden,

Zuckerreduktion in Frühstückscerealien: Technologische Machbarkeit und sensorische Wahrnehmung

diese in der Intensität ihrer Süsse zu bewerten, die rotgefärbte und die farblose Lösung als signifikant süsser bewertet wurden ($p \leq 0,10$) (Strugnell 1997). Bei der Wiederholung des Experiments mit Fructose und Glucose anstelle von Saccharose wurde die blaue Lösung als signifikant weniger süss bewertet ($p \leq 0,05$). Diese Studie zeigt, dass die Farbe Einfluss auf die Wahrnehmung von Süsse hat. Der genaue Effekt und die Veränderungen, wenn verschiedene Arten von Zuckern verwendet werden, müssten jedoch weiter erforscht werden. Da eine Veränderung der Farbe aber schwer zu vereinbaren ist mit einer «stillen» Reduktion¹³, wird dieser Ansatz im Projekt nicht verfolgt.

Ein zweites Experiment wurde von Lavin und Lawless 1998 mit unterschiedlich gefärbten Proben desselben Getränks durchgeführt. Die Teilnehmer wurden nach Alter in drei Gruppen von 8-10 Jahre, 11-14 Jahre und Erwachsene eingeteilt. Insgesamt 116 Probanden nahmen an diesem Experiment teil. Die Ergebnisse des Experiments sind in Abbildung 6 gezeigt. Entgegen der Annahme, dass eine dunkelrote Farbe zu einer stärkeren Süsswahrnehmung führt, stufen die Kinder die im Alter zwischen 8 und 10 Jahren die den hellroten und den dunkelroten Saft als etwa gleich süss ein. Die Kinder im Alter zwischen 11 und 14 Jahren zeigten sogar tendenziell einen gegenteiligen Effekt im Vergleich zu den Erwachsenen. Die Autoren schlussfolgerten, dass im jungen Alter eventuell die Aromatik einen grösseren Einfluss auf die Süsswahrnehmung hat (vgl. Tabelle 4) als die Farbe.

Age group	Light red	Dark red	t-test	Light green	Dark green	t-test
8-10	6.12 ± 0.35	6.25 ± 0.35	NS	6.13 ± 0.35	5.92 ± 0.35	NS
11-14	6.09 ± 0.27	5.78 ± 0.26	NS	5.95 ± 0.25	6.24 ± 0.26	NS
Adult	5.62 ± 0.21	6.16 ± 0.21	$p < 0.01$	5.75 ± 0.24	5.30 ± 0.23	$p < 0.05$

NS = not significant; $p > 0.05$.

Abbildung 6: Ergebnis des Süsse-Rankings (Lavin und Lawless 1998)

Auch Piqueras-Fizman et al. (2012) konnten einen Zusammenhang zwischen der Süsswahrnehmung und der Farbe aufzeigen. Allerdings variierte in dieser Studie die Farbe der Teller, auf welchem die Produkte serviert wurden. So schmeckt das gleiche Produkt verzehrt von einem weissen Teller süsser im Vergleich zu einem schwarzen Teller.

Liang et al. (2013) untersuchten den visuellen Einfluss von Formen und Begriffen auf die Wahrnehmung der Süsse. Sie konnten dabei zeigen, dass kreisförmige oder kurvenförmige Formen die Sensitivität für den Süssgeschmack erhöhen können.

4.1.1.4 Eigene Untersuchungen

In einer eigenen Untersuchung im Herbst 2017 (Ergebnisse unveröffentlicht) wurden einige Möglichkeiten zur Zuckerreduktion in einer einfachen Matrix ausgetestet. Für das Grundrezept werden 50 ml Wasser, 25 ml Rapsöl und 50 g Haushaltszucker aufgekocht bis sich der Zucker vollständig auflöst.

¹³ stille Reduktion = Zuckerreduktion, ohne dass die Konsumenten dies sensorisch bemerken

Zuckerreduktion in Frühstückscerealien: Technologische Machbarkeit und sensorische Wahrnehmung

Der Zuckersirup wird anschliessend zu 250 g Haferflocken gegeben und vermischt. Nun wird die Mischung gleichmässig auf ein Backblech gegeben, für 1 Stunde quellen gelassen und im Ofen bei 140 °C für 30 Minuten gebacken.

Folgende Tabelle 5 zeigt einige der in den vorhergehenden Kapiteln besprochenen Möglichkeiten zur Verstärkung der Süsswahrnehmung nochmal auf. Die grau hervorgehobenen Varianten wurden in eigenen Analysen (mit dem oben beschriebenen Grundrezept) untersucht.

Tabelle 5: Möglichkeiten zur Süsseverstärkung in Frühstückscerealien und deren geschätzte Eignung

Möglichkeiten	Beschreibung	Eignung
Heterogene Mischungen	Salz als süsseverstärkende Substanz	Für alle Formen von Frühstückscerealien denkbar
Homogene Mischungen	Mischungen verschiedener süss schmeckender Substanzen oder Zuckerarten zur Erzeugung von synergetischen Effekten	Für alle Formen von Frühstückscerealien denkbar, aber nicht erste Priorität in dieser Arbeit
Verstärkung durch Aromastoffe	Verschiedene Aromen aus Tabelle 3	Je nach Sorte und Geschmacksrichtung sind andere Aromastoffe denkbar
Kontrasteffekte	Verteilung verschiedener Zuckerkonzentrationen	Könnte bei allen Sorten eingesetzt werden. Technologische Aspekte sind noch offen
Maltol	Erzeugung von süsseverstärkendem Maltol aus Erhitzung von Lactose und Maltose	In allen, bei der Produktion erhitzten, Frühstückscerealien denkbar. Technologische Aspekte sind noch offen
Enzymatischer Stärkeabbau	Erzeugung von Zucker (Glucose) aus dem Ausgangsprodukt	Gesamtenergiegehalt könnte gesenkt werden, Zuckergehalt eher nicht

Zur Überprüfung, ob sich durch Aromastoffe die Süssempfindung bei gleichbleibender Zuckerkonzentration verstärken lässt, wurden zwei Proben modifiziert. Eine mit Buttersäureethylester in einer Konzentration von 0.1 ppm, die andere mit Vanilleextrakt in einer Konzentration 1 g / kg. Die Probe mit Vanilleextrakt wurde von den Prüfern tendenziell süsser wahrgenommen als die Referenzprobe. Das Vanillearoma wurde aber von keinem Prüfer als solches wahrgenommen, was durchaus einen interessanten Ansatz für Nature Granolamischungen bieten könnte. Anders sieht es bei der Probe mit Buttersäureethylester aus. Diese Probe wurde zwar ebenfalls tendenziell als süsser im Vergleich zur Referenzprobe wahrgenommen, allerdings wurden hier von den Prüfern aber deutliche Geschmacksveränderungen in Richtung fruchtig, beerig wahrgenommen. Eine mögliche

Zuckerreduktion in Frühstückscerealien: Technologische Machbarkeit und sensorische Wahrnehmung

Ursache für letzteres könnte die Herstellung dieser Muster sein, da der Buttersäureethylester¹⁴ erst nach dem Backvorgang mittels Sprühen appliziert wurde.

Bei der mit Salz (1 g / 100 g) modifizierten Probe konnte kein Trend hin zu Unterschieden im Attribut Süsse zur Referenzprobe festgestellt werden. Zu bemerken ist, dass keiner der Prüfer die Probe als salzig wahrgenommen hat. Unter diesem Aspekt wären höhere Salzkonzentrationen über 1 g pro 100 g zu prüfen. Wenn man jedoch bedenkt, dass die im Handel erhältlichen Frühstückscerealien bereits Salz enthalten, und dass in der heutigen Zeit, in der ohnehin bereits zu viel Salz konsumiert wird, ist fraglich ob diese Methode zur Beeinflussung der Süssempfindung sinnvoll ist.

Hinsichtlich der zur Überprüfung des Kontrasteffekts durchgeführten Untersuchungen, war nur die Probe, welche gänzlich ohne Zucker hergestellt wurde, signifikant weniger süss als die anderen Proben. Die Granolamischungen, welche aus unterschiedlichen Anteilen von gesüssten und ungesüssten Clustern hergestellt wurden, zeigten keinen signifikanten Unterschied hinsichtlich der Süsse verglichen mit der Grundrezeptur. Auch dieser Effekt scheint folglich ein vielversprechender Ansatz für eine Zuckerreduktion.

4.1.2 Technologie / Inhaltsstoffe

In FSC dient Zucker nicht nur als süssender Bestandteil, sondern auch als funktionelle Zutat, die wichtig für die 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 Herausforderung in diesem Projekt.

4.1.2.1 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.

Unlösliche Nahrungsfasern wie Kleie werden traditionell in Lebensmitteln wie Müesliriegeln, Brot, Teigwaren und Frühstückscerealien eingesetzt, jedoch ist die Menge aufgrund eines typischen «kartonähnlichen» Geschmacks sowie einer rauen Textur beschränkt. Lösliche Nahrungsfasern sind aufgrund ihres weniger prägnanten Geschmacks sowie der Vermeidung einer sandigen Textur von grossem Interesse, um verarbeitete Lebensmittel mit Fasern anreichern zu können und dadurch als

¹⁴ Buttersäureethylester wird vor allem bei der Parfüm- und Likörherstellung eingesetzt. Orale LD₅₀-Werte bei Ratten: zwischen 2.400 und 6.000 mg/kg KGW; LD₅₀ Haut Kaninchen <2000mg/kg
(https://www.baua.de/DE/Angebote/Rechtstexte-und-Technische-Regeln/Regelwerk/TRGS/pdf/900/900-butyraldehyd.pdf?__blob=publicationFile&v=2)

Zuckerreduktion in Frühstückscerealien: Technologische Machbarkeit und sensorische Wahrnehmung

ausgewogener vermarkten zu können. Ausserdem können lösliche Nahrungsfasern teilweise als Bindemittel, Verdickungsmittel oder zum Gelieren genutzt werden (Dutcosky et al. 2006).

Inulin, Oligofructose und Gummi Arabicum gehören zu den löslichen Nahrungsfasern und bieten zahlreiche technologisch-funktionelle Eigenschaften wie Wasserrückhaltefähigkeit, erhöhte Viskosität für eine verbesserte Bindung und Textur, Stabilität unter unterschiedlichen Temperaturen und einen stabilen pH (Dutcosky et al. 2006).

Inulin und Oligofructose gehören zu der Gruppe der Fructane, d.h. lineare oder verzweigte Fructose-Polymere. Der vermehrte Einsatz von Fruktanen in Lebensmitteln kann jedoch für einzelne Konsumenten zu Intoleranzen führen, da Fructane wie Fructose sowie fermentierbare Oligo-, Di- und Monosaccharide (FODMAPs) bei empfindlichen Konsumenten zu Verdauungsproblemen führen kann (Fedewa und Rao, 2014).

Im Vergleich zu Inulin besteht Oligofructose aus kürzeren Kettenoligomeren und weist vergleichbare funktionelle Eigenschaften wie Zucker oder Glucosesirup auf. Es ist löslicher als Saccharose und weist etwa 30-50% der Süsskraft von Zucker auf (Dutcosky et al. 2006; Kaur und Gupta 2002). Oligofructose trägt zu einer höheren Masse in Milchprodukten und zu mehr Feuchtigkeit in weichen Backwaren bei, drückt den Gefrierpunkt in gefrorenen Desserts herab und liefert Knusprigkeit in fettarmen Keksen. In Müesliriegeln wird Oligofructose als Bindemittel mit vergleichbaren Eigenschaften wie Zucker eingesetzt, aber mit dem Vorteil von weniger Kalorien, einer Nahrungsfaseranreicherung und weiteren nutritiven Eigenschaften (Kaur und Gupta 2002). Neben einer Zuckerreduktion kann Oligofructose die Attraktivität des Produkts durch eine Verstärkung der Knusprigkeit und des Glanzes steigern (Dutcosky et al. 2006).

Mischungen von Nahrungsfasern ergeben bessere texturale Eigenschaften als die Anwendung von einzelnen Fasern (Dutcosky et al. 2006). Eine übermässige Zugabe von Gummi Arabicum führt zu einer erhöhten Viskosität und somit einem zäheren Produkt (Dutcosky et al. 2006). Dies kann auf die komplexe und stark verzweigte Struktur von Gummi Arabicum zurückgeführt werden. Gummi Arabicum ist ein natürliches Gemisch von Polysacchariden und wird Produkten als Lebensmittelzusatzstoff als Verdickungsmittel, Emulgator und Stabilisator zugesetzt.

Eine optimale Mischung von Inulin, Oligofructose und Gummi Arabicum hat bei Müesliriegeln zu einer Reduktion des Zuckers um 40% und des Kaloriengehalts um 18-20% und gleichzeitig zu einer Erhöhung des Nahrungsfasergehalts um 200% geführt (Dutcosky et al. 2006). Wobei diese Studie nicht eine stille Zuckerreduktion¹⁵ als Ziel hatte, sondern eine Produktoptimierung.

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.

¹⁵ stille Reduktion = Zuckerreduktion, ohne dass die Konsumenten dies sensorisch bemerken

Zuckerreduktion in Frühstückscerealien: Technologische Machbarkeit und sensorische Wahrnehmung

Bei direct-expandierten Cerealien führt die Zugabe von Nahrungsfasern oftmals zu einem reduzierten Expansionsvolumen, einer höheren Dichte, einer härteren Textur, weniger Knusprigkeit und daher zu weniger bevorzugten Produkten. Jedoch unterscheiden sich lösliche und unlösliche Nahrungsfasern in ihrem Expansionsverhalten und den damit verbundenen textuellen Eigenschaften aufgrund ihrer Interaktion mit Stärke, Unterschieden in der Wasserabsorption und Plastifizierungsverhalten aber auch durch die physikochemischen Veränderungen die sie während der Extrusion durchlaufen (Robin et al. 2012). Während der Extrusion kann es zu Modifikationen der Partikelgrösse, der Löslichkeit und der chemischen Struktur der verschiedenen Faserkomponenten kommen (Navale et al. 2015). Verschiedene Studien haben gezeigt, dass die Löslichkeit von Nahrungsfasern erhöht wird. Der Effekt der Extrusion auf die Eigenschaften von Nahrungsfasern ist jedoch stark abhängig von den Prozessbedingungen und den Eigenschaften des Rohmaterials (Robin et al. 2012). Je nach mechanischem Energieeintrag werden Nahrungsfasern stärker oder weniger stark abgebaut. Ein Abbau kann weitgehend verhindert werden, indem Nahrungsfasern separat in einem patentierten Prozess in eines der letzten Gehäuse des Extruders zugeführt werden (private Kommunikation N. Müller, 11.04.2019).

Resistente Stärke als Sonderfall der Nahrungsfasern ist bisher eher selten für eine Senkung des Zuckergehalts in gebackenen Cerealien verwendet worden.

Aigster et al (2011) konnten in einer Studie zeigen, dass resistente Stärke nachweislich die Textur und die organoleptischen Eigenschaften in bestimmten Lebensmitteln verbesserte. Eine Anreicherung von gebackenen Cerealien und Müesliriegeln mit bis zu 15 g resistenter Stärke war in Untersuchungen möglich, jedoch mit einigen Veränderungen in deren physikochemischen und sensorischen Eigenschaften. Die angereicherten Produkte wurden von den Konsumenten akzeptiert, jedoch veränderten sich die Farbe, Klebrigkeit und Kaubarkeit der Produkte. Während der Lagerung kann die Konzentration der resistenten Stärke aufgrund der Retrogradation und Amylosekettenkristallisation zunehmen. Faktoren, die die Bildung von resistenter Stärke beeinflussen, sind die Prozessbedingungen, das heisst feuchte Hitze oder trockene Hitze, die Stärkequelle, wie Mais, Reis, Knollen, Hülsenfrüchte etc., und das Vorhandensein von anderen Zutaten in der Lebensmittelmatrix, so wie Proteine, Fette, Nahrungsfasern und Mineralstoffe (Aigster et al. 2011).

4.1.2.2 Polydextrose

Polydextrose ist ein Polymer aus Glucose mit Sorbit und Zitronensäure und wird heute in unterschiedlichsten Produkten als Lebensmittelzusatzstoff eingesetzt. Die Verbindung ist gut wasserlöslich und Lösungen haben eine höhere Viskosität als Saccharose- oder Sorbitollösungen bei gleicher Konzentration und Temperatur. Dadurch ermöglicht Polydextrose beim Ersatz von Zucker das erwünschte Mundgefühl und die erwünschten textuellen Eigenschaften. Polydextrose kann dem Produkt keine Süsse verleihen aber kann aufgrund seiner Eigenschaften als Ergänzung zu

Zuckerreduktion in Frühstückscerealien: Technologische Machbarkeit und sensorische Wahrnehmung

Süssungsmitteln wie Polyolen¹⁶ eingesetzt werden (Murphy 2001). Da die Verwendung von Süssungsmitteln für das BLV keine Option ist, wird Polydextrose nicht tiefergehend behandelt.

4.1.2.3 Polyole

Als Zuckeraustauschstoffe¹⁶ können Zuckeralkohole/Polyole, wie Sorbitol, Isomalt oder Mannitol, eingesetzt werden. Isomalt soll für eine Anwendung in extrudierten Produkten wie Frühstückscerealien geeignet sein, 50% der Süsse von Saccharose bieten und die Haltbarkeit und Textur des Produkts verbessern können (Bhise und Kaur 2013). Im Allgemeinen verursachen Polyole kein überhöhtes Ansteigen des Blutzuckerspiegels, da sie tendenziell nur zu rund 60% absorbiert werden (private Kommunikation E. Infanger-Blatten, 23.02.2018). Polyole mit geringerem Kaloriengehalt als Saccharose sind auch eine gute Alternative für kalorienarme Produkte (Ghosh und Sudha 2012). Jedoch können Polyole dosisabhängig zu Blähungen, Spannungsgefühlen im Abdominalbereich und abführenden Effekten führen (Lenhart und Chey, 2017).

4.1.2.4 Enzymatischer Stärkeabbau

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 (Meusdoerffer und Zarnkow 2016). Auch wenn so der Zuckergehalt nicht unbedingt gesenkt würde, könnte eventuell auf zugesetzte Zucker verzichtet werden. Dieser Weg dient jedoch dem Konsumenten aus ernährungsphysiologischer Sicht wenig und sollte vermieden werden.

4.1.2.5 Fett

Hoppert et al. (2012) führten eine Studie mit Modell-Emulsionen durch. In einem Experiment konnte gezeigt werden, dass die Sensitivität hinsichtlich von Unterschieden in der Süsse (unterschiedliche Zuckerkonzentrationen) höher wurde, wenn der Fettgehalt der Emulsion stieg.

4.1.2.6 Sojaprotein

Eine Reduktion des Zuckers unter Verwendung von Proteinen ist nicht verbreitet. Jedoch könnte Protein zum Ausgleich des Produktvolumens in zuckerreduzierten Produkten dienen.

Sojaprotein verfügt über alle essentiellen Aminosäuren. Bei der Herstellung von FSC und Müesliriegeln werden Sojaproteine eingesetzt, um den Proteingehalt und die Proteinqualität zu erhöhen (Singh et al. 2008). Der Sojabohnengeschmack kann jedoch sehr dominant und unerwünscht sein.

¹⁶ Der Einsatz von Süssungsmitteln resp. anderen süssschmeckenden Substanzen wird in diesem Projekt nicht verfolgt.

Zuckerreduktion in Frühstückscerealien: Technologische Machbarkeit und sensorische Wahrnehmung

Untersuchungen mit extrudierten Cerealien auf Maisbasis ergaben, dass der sojatypeische Geschmack nur bei einem Zuckergehalt von 10% und einem Aufgabefeuchte (Wassergehalt) von 25% reduziert werden konnte (Faller et al. 2000).

Die Funktionalität eines Proteins ist abhängig von der Struktur des Moleküls. Die Vielfalt der an die Polymerkette des Proteins angehängten Gruppen, wie lipophile, polare, unpolare und negativ und positiv geladene Gruppen, ermöglichen eine Verbindung des Sojaproteins mit unterschiedlichsten Komponenten. Somit kann Sojaprotein an feste Partikel haften und als Bindemittel, oder wenn in Lösung als Dispergier- oder Suspensionsmittel agieren (Singh et al. 2008).

4.1.2.7 Calciumcarbonat

Durch einen Industriepartner ist die Idee aufgekommen, Calciumcarbonat zur Reduktion von zugesetztem Zucker einzusetzen. In einer Studie mit extrudierten Snacks (ohne Zuckerreduktion) wurde beiläufig der Effekt einer verstärkten Süßwahrnehmung durch die Zugabe von Calciumcarbonat beobachtet (T. Budde, persönliche Kommunikation 15.11.2017). Die süß-verstärkende Wirkung von Calciumcarbonat wird auch durch eine Studie von Chang et al. (2014) belegt.

4.2 Reduktionsschritte

Wichtig bei der Ermittlung der Reduktionsschritte ist der Begriff der Unterschiedsschwelle. Diese bezeichnet die Intensität eines Reizes im Vergleich zum vorherigen, damit ein Unterschied in der Wahrnehmung festgestellt werden kann (Buchecker und Matullat 2012). Ein weiterer Begriff im Gegensatz zu der Unterschiedsschwelle ist das Unterschiedsintervall, welches den Bereich angibt, welcher vom Tester als nicht abweichend gekennzeichnet wird (Birbaumer und Schmidt 2010). In den meisten Fällen wird der mögliche Reduktionsschritt mittels sensorischen Tests auf Unterschied ermittelt.

Ernst Heinrich Weber erkannte bei einigen Versuchen, dass die Differenzen der Unterschiedsschwellen keine absoluten Werte sind, sondern dass sich diese proportional zum Ausgangsreiz verhalten. Ein Beispiel: Wenn ich ein Gewicht von 100 g respektive 200 g in der Hand halte, bemerke ich bei 101 g noch keinen Unterschied. Der Unterschied nehme ich erst bei 103 g / 206 g wahr, somit sind die 103 g / 206 g die Unterschiedsschwelle. In der nachfolgenden Formel 1 wären die 100 g die Ausgangsintensität I und ΔI wäre die Differenz zwischen Unterschiedsschwelle und Ausgangsintensität (103 g - 100 g = 3 g / 206 g - 200 g = 6 g). Dieser ergibt in jedem Fall eine Weber Konstante k von 3% und soll zeigen, dass die menschlichen Organe ihre Unterschiedsschwelle auf den Messbereich anpassen können (Birbaumer und Schmidt 2010).

$$k = \frac{\Delta I}{I}$$

Formel 1: Weber Gesetz modifiziert nach Birbaumer und Schmidt 2010

Allerdings ist diese Formel nur in einem mittleren Bereich der Intensität anwendbar. Bei sehr tiefen respektive sehr hohen Intensitäten stimmt die Proportionalität nicht mehr. Die Weber Formel wurde von unterschiedlichen Personen weiterentwickelt. Stanley Smith Stevens entwickelte die nachfolgende Formel 2. E ist dabei die Empfindungsstärke, welche proportional zur n -ten Potenz der Reizstärke S minus der Schwellenreizstärke S_0 ist (Birbaumer und Schmidt 2010).

$$E \approx (S - S_0)^n$$

Formel 2: Stevens Potenzfunktion (Birbaumer und Schmidt 2010)

Aus dieser abgewandelten Formel kann ermittelt werden, dass die Empfindungsintensität E stark von der Potenz n abhängig ist (Birbaumer und Schmidt 2010).

In der nachfolgenden Abbildung ist der Unterschied der Potenz n anhand von Zitronensäure und Zucker dargestellt. Ersichtlich ist, dass der Schwellenwert von Zitronensäure bei tieferen Konzentrationen liegt als derjenige von Zucker. Zusätzlich erkennt man, dass die Gerade der Zitronensäure eine geringere Steigung (n) hat als Zucker. Schlussendlich kann gesagt werden, dass es für eine Änderung der Empfindungsintensität je nach Steigung (n) eine grössere oder kleinere Reizstärkenänderung von Nöten ist (Birbaumer und Schmidt 2010).

Zuckerreduktion in Frühstückscerealien: Technologische Machbarkeit und sensorische Wahrnehmung

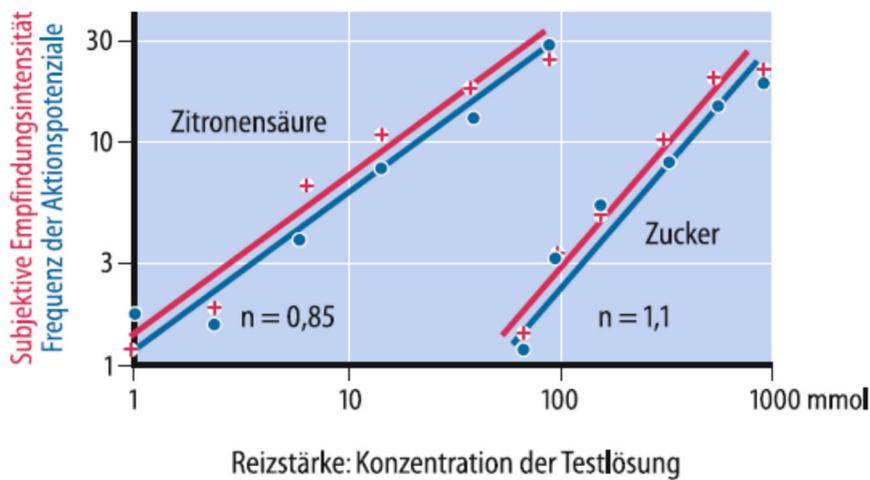


Abbildung 7: Unterschied der subjektiven Empfindungsintensität in Abhängigkeit zur Reizstärke (Birbaumer und Schmidt 2010)

Das Problem an diesen arithmetischen Mitteln liegt allerdings an der Ermittlung der Steigung n . Die Werte, die notwendig sind, um die Gerade herzustellen, müssen experimentell über sensorische Unterschiedstests ermittelt werden. Allerdings fällt es vielen Personen schwer ausdrücken, um wieviel sich die Empfindungsintensität erhöht / erniedrigt hat (Birbaumer und Schmidt 2010).

Peng et al. (2016) untersuchten in ihrer Studie, ob es einen intra-individuellen Unterschied in der Wahrnehmung (Erkennungsschwelle=Schwellenwerte) und Unterscheidbarkeit (Unterschiedsschwelle) bei unterschiedlichen Zuckern gibt (Saccharose und Fructose). Sie kamen zu dem Schluss, dass die individuellen Schwellenwerte für Saccharose und Fructose nicht miteinander korreliert sind und auch die individuellen Unterschiedsschwellen von Saccharose und Fructose variieren können. Dies könnte eine Hürde für die Ermittlung der Grösse der Reduktionsschritte und der daraus resultierenden Empfehlungen darstellen.

Eine im Jahr 2016 publizierte Studie aus Grossbritannien betrachtete ein stufenweises Modell, um die Reduktion von zugesetztem Zucker in nicht alkoholischen Getränken zu untersuchen. Diese Reduktion wurde als notwendige Massnahme gegen Übergewicht und Diabetes Typ II getroffen. Ziel war es den Zuckergehalt innerhalb von fünf Jahren um 40% zu senken, ohne den Einsatz von künstlichen Süsstoffen. Gründe für die stufenweise jährliche Reduktion sind laut Studie der Spielraum für die Produzenten, sowie die nötige Gewöhnungsphase für die Konsumenten. In der Studie wurden keine Aussagen darüber gemacht, wie die Grösse der Reduktionsschritte ermittelt wurden, respektive welche Auswirkungen die veränderte Süsse auf die Konsumenten haben wird (Ma et al. 2016).

Dass eine schrittweise Zuckerreduktion möglich ist und als sinnvoll angesehen wird, zeigten Oliveira et al. (2016) bei Schokoladenmilch auf. So stellen sie fest, dass sequentielle Reduktion um 6.7% ohne sensorische Einbussen und damit „still“ durchgeführt werden konnten. Allerdings wurde die Studie nicht im realen sondern im Laborkontext und ohne längerfristige Versuche durchgeführt. Die Autoren kamen jedoch zu dem Schluss, dass rechnerisch über einen Zeitraum von 3 Jahren so der Zuckergehalt

Zuckerreduktion in Frühstückscerealien: Technologische Machbarkeit und sensorische Wahrnehmung

zwischen 30-40% „still“ reduziert werden könnte. In wie weit sich diese Ergebnisse auf Frühstückscerealien übertragen lassen, bleibt jedoch offen.

In einer Studie von de Oliveira Pineli et al. (2016) wurde der Einfluss der Zuckerreduktion auf die sensorischen Eigenschaften von Orangensaft überprüft. Dazu wurden über gerichtete paarweise Vergleiche (Süsse) die Unterschiedsschwellen ermittelt sowie über paarweise Präferenztests die „Ablehnungs“-Schwelle. Weiterhin wurden Akzeptanztests mit integrierten CATA-Fragen (check all that apply) zur Ermittlung der sensorischen Charakteristika durchgeführt. Mittels JAR-Skala (just about right) wurde zusätzlich die ideale Süsse erhoben. Die Unterschiedsschwelle wurde dabei bei einer Reduktion von 20% festgestellt (von 10.5% auf 8.5% Zucker). Die Akzeptanzschwelle lag bei 7.2% Zucker und die ideale Süsse bei 7.3% Zucker. Durch eine Clusteranalyse konnte aufgezeigt werden, dass sich die Nektare mit einem Zuckergehalt von 5.5%, 7.2% und 8.5% nicht unterscheiden. Die Autoren empfahlen jedoch zunächst eine Reduktion auf 8.5% da sich die Proben weder bezüglich der sensorischen Eigenschaften noch der Akzeptanz zu der Referenz unterschieden. Im späteren Verlauf wäre eine stufenweise Reduktion auf 7.2% Zucker respektive 5.5% Zucker zu empfehlen.

Bobowski und Vickers (2012) führten eine Studie zur schrittweisen Salzreduktion in wässriger Lösung und in Brühe durch. Die Studie dauerte 10 Monate. Dabei konnte gezeigt werden, dass es bei der wässrigen Lösungen 26-Reduktionsschritte benötigte, bis die gewünschte Endkonzentration erreicht wurde (von 16 g NaCl / Liter bis auf 3.8 g NaCl / Liter), bei der Brühe wurden 12 Schritte benötigt (von 16 g NaCl / Liter bis auf 4.1 g NaCl / Liter). Dieser Unterschied lässt sich über die unterschiedliche Komplexität der beiden Matrizen erklären. In Bezug auf die FSC könnte dies heissen, dass bei Sorten mit Schokolade und Frucht ggf. eine schnellere Zuckerreduktion möglich ist als bei Nature.

Saint-Eve et al. (2016) untersuchten die Zuckerzugabe zu Naturjoghurt von Konsumenten unter realen Bedingungen, da laut einer Umfrage rund 50% der französischen Konsumenten Naturjoghurt selbst süssen. Durchschnittlich geben französische Konsumenten dabei rund 13.6 g Zucker selbst pro Naturjoghurt zu, eine vergleichbare Fruchtjoghurtmenge enthält 10.2 g Zucker zugesetzten Zucker. In dieser Studie konnte gezeigt werden, dass der BMI der Versuchsteilnehmenden einen signifikanten Einfluss auf die selbst zugesetzte Zuckermenge hat. Generell unterschätzen Konsumenten die Mengen ihres zugefügten Zuckers. Diese Studie zeigt, dass bei einer zu gross gewählten Zuckerreduktion evtl. die Gefahr besteht, dass die Konsumenten die Produkte selbst nachsüssen und so im Endeffekt mehr Zucker konsumieren könnten als vor der Reduktion. Was bei solchen Studien allerdings immer auch einzubeziehen wäre, ist der jeweilige Verwendungsbereich eines Lebensmittels und die damit einhergehenden geschmacklichen Erwartungen. Beispielsweise jenen, dass Joghurts in unterschiedlichen Mahlzeiten (Desserts oder Frühstück) anders eingesetzt und bewertet werden.

Aus der vorliegenden Literaturrecherche können sich keine expliziten Empfehlungen für die prozentuale Reduktion von zugesetztem Zucker in Frühstückscerealien ableiten lassen. Schillinger und Kahn (2017) wie auch Gibson et al. (2017) und Miele et al. (2017) kommen nahezu alle zu vergleichbaren Empfehlungen in Bezug auf mögliche Reformulierungsmassnahmen, um die Akzeptanz bei Konsumenten zu erhöhen:

Zuckerreduktion in Frühstückscerealien: Technologische Machbarkeit und sensorische Wahrnehmung

Alternative Süßungsmittel sind je nach Produktgruppe (flüssig, fest, gebacken etc.) widersprüchlich, da es sich oft dabei nicht um „stille“ Reformulierungen handelt und daher immer auch im Kontext des Konsumentenverhaltens, deren Erwartungen zu diskutieren ist.

Gibson et al. (2017) schlagen vor, dass z.B. eine Reduktion des Zuckers in Süßgetränken auf 5% nur in Zusammenarbeit mit verschiedenen Playern erreichbar ist.

4.3 Zeitintervalle

In den in Kapitel 4.2 aufgeführten Beispielen von Schokoladenmilch und Orangensaft wird empfohlen, die Reduktionsschritte im zeitlichen Abstand von einem Jahr zu implementieren (Oliveira et al. 2016, de Oliveira Pineli et al. 2016). Eine genauere Ausführung zu dem Zeitintervall zwischen den Reduktionsschritten wurde nicht gemacht. Eine mögliche Erklärung könnte die nachfolgend beschriebene Habituation sein, welche auf Stufe der Rezeptoren zu einer Gewöhnung an die Intensität führen kann (Buchecker und Matullat 2012). Daraus folgt die Empfehlung, die Zuckerreduktion in zeitlichen Stufen von jeweils einem Jahr durchzuführen.

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 (vergl. auch Abbildung 2).

In einer Studie konnten Wise et al. (2016) gewisse Effekte einer zuckerarmen Ernährung auf die Empfindungsintensität von Süße ermitteln. Dazu wurden 33 Probanden für 5 Monate in eine Diät – und eine Kontrollgruppe eingeteilt. Bei der Diät-Gruppe wurde die Zuckereinnahme nach dem Einführungsmonat um 40% gesenkt, hingegen bei der Kontrollgruppe blieb der Zuckerkonsum über die ganze Zeit gleich wie im Einführmonat. Die Resultate zeigten im Einführungsmonat und im ersten Diätmonat keinen signifikanten Unterschied zwischen den beiden Gruppen. Im zweiten und dritten Diätmonat konnte allerdings mit einer Signifikanz (2. Diätmonat: $P=0.002$ / 3. Diätmonat: $P=0.01$) gezeigt werden, dass die Probanden die Süße von mehreren Proben höher einstufen, als diejenigen der Kontrollgruppe. Es fand also eine Habituation statt, bei welcher die Probanden die Süße in mit einer erhöhten Empfindlichkeit wahrnahmen. Im fünften Monat konnte die Diät-Gruppe ihre Ernährung wieder selber bestimmen, was den Effekt der Sensibilisierung wieder zerstörte. Diese Studie zeigt auf, dass die verringerte Empfindungsintensität der Süße bei einer Zuckerreduktion in FSC möglicherweise schon nach relativ kurzer Zeit durch die menschliche Habituation ausgeglichen werden könnte und so weitere Reduktionsschritte zeitnah möglich sind.

Der Effekt der Sensibilisierung wurde ebenfalls bei Salz beobachtet. Hagendorf et al. (2011) fanden heraus, dass bei einer salzarmen Diät das Salz nachher intensiver bewertet wurde.

Methven et al. (2012) zeigten in einer Studie mit Suppen mit unterschiedlichen Salzkonzentrationen, dass die wahrgenommene Intensität der Salzigkeit bei allen Suppen mit der Zeit (d.h. mit vermehrtem

Zuckerreduktion in Frühstückscerealien: Technologische Machbarkeit und sensorische Wahrnehmung

Kontakt) zunahm und die Akzeptanz/Beliebtheit der nicht-gesalzenen (ohne Salzzugabe) Suppe in der Gruppe stieg, die diese Suppe mehrfach konsumierte (Dauer über 8 aufeinanderfolgende Werktage). Auch dies bestätigt, dass ein Habituations-Effekt relativ schnell eintreten könnte.

Nicht zu unterschätzen ist, dass Erinnerung und Gedächtnisbildung ein sehr komplexer aber auch dynamischer Prozess (Nadel et al. 2012) ist. Solch eine Modifizierung geschieht nicht von einem auf den anderen Tag. Es bedarf Zeit bis z.B. ein neues Verhalten auch beibehalten wird und im Langzeitgedächtnis abgespeichert wird. Es bedarf eines gewissen Trainings, 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). 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 Dinge zu wiederholen und dies in regelmäßigen Abständen und über einen gewissen Zeitraum hinweg.

Biguzzi et al. (2015) zeigten bei einem Test mit Reformulierungen bei Keksen, dass es eher eine Gewöhnung und Akzeptanz von Fettreduktion im Vergleich zu Zuckerreduktion gab. Das bedeutete in ihrer Studie, dass der wiederholte Konsum (innerhalb eines Monats) von stark zuckerreduzierten Keksen (28%) bei den Teilnehmern zwar zu einer Steigerung der Akzeptanz von der 9% und 16% zuckerreduzierten Variante führte, aber nicht zu einer Steigerung der Akzeptanz der 28% zuckerreduzierten Variante. Bei den fettreduzierten Varianten hingegen konnte die Akzeptanz der am stärksten fettreduzierten Variante (33%) durch den wiederholten Konsum signifikant verbessert werden.

4.4 Stille Reduktion¹⁷

Romagny et al. (2017) zeigten, dass nicht-reformulierte und reformulierte (Reduktion in Fett, Salz und/oder Zucker) Varianten eines Produkts in Home-Use-Tests¹⁸ jeweils ähnliche Werte hinsichtlich der Beliebtheit innerhalb der verschiedenen Kategorien (Würstchen, Chorizo, Trockenwurst, Käse und Muffins) erreichen. Bei den Würstchen schneidet im Home-Use Test die reformulierte Variante signifikant schlechter ab als die normale, bei Käse und Muffin gibt es keinen signifikanten Unterschied und bei der Trockenwurst und der Chorizo schneidet die reformulierte Variante signifikant besser ab. Die im Labor durchgeführten Beliebtheitstests bestätigen diese Ergebnisse, wobei hier noch jeweils zusätzlich ein Markenprodukt und ein Handelsmarkenprodukt getestet wurden und die Ergebnisse so natürlich von den jeweiligen Vergleichsprodukten beeinflusst wurden. Die Reformulierungen (Reduktion in Fett, Salz und/oder Zucker) wurden durch unterschiedliche neue Technologien erreicht, eine generelle Aussage hinsichtlich einer erfolgsversprechenden Variante kann folglich nicht getroffen

¹⁷ stille Reduktion = Zuckerreduktion, ohne dass die Konsumenten dies sensorisch bemerken

¹⁸ Home-Use-Tests sind Beliebtheits- resp. Präferenztests, welche zuhause durchgeführt werden. Sie sind sehr realitätsnah, aber die eigentliche Prüfung und der Ablauf der Beurteilung durch den Konsumenten entziehen sich weitgehend der Kontrolle durch die Versuchsleitung.

Zuckerreduktion in Frühstückscerealien: Technologische Machbarkeit und sensorische Wahrnehmung

werden. Es wurde aber gezeigt, dass reformulierte Produkte eine gleiche Akzeptanz erreichen können wie nicht-reformulierte Produkte. Der Test ist insofern auf „stille“ Reduktion anwendbar, da die reformulierten und nicht reformulierten Produkte im Hose-Use Test in der gleichen Verpackung verpackt waren und hinsichtlich Form, Farbe und Gewicht identisch waren.

Johansen et al. (2010) konnte in einer Studie mit fett- und zuckermodifizierten Joghurts zeigen, dass die jeweiligen Informationen dazu als extrinsische Attribute massgeblich die intrinsische Wahrnehmung beeinflussten. Das spricht daher dafür Reformulierung nicht zu kommunizieren, weil Konsumenten mit „zucker- oder fettmodifiziert“ auch bestimmte, eher negative Geschmackserwartungen assoziieren.

Auch Vazquez et al. (2009) fanden in einer Studie mit salzigen Crackern heraus, dass die Akzeptanz von den salzreduzierten Produkten (50%) im Blind-Test vergleichbar mit der Akzeptanz der normalen Cracker war. Wurde hingegen nur die Erwartungshaltung zum Geschmack über ein Label resp. eine Information (salzreduziert) abgefragt, sank die Akzeptanz der salzreduzierten Varianten (ohne Verkosten). Dies spricht folglich für eine stille Reduktion.

In einer Studie mit Kirschnektar (DLG 2018) wurde ein Kirschnektar ohne Zuckerreduktion in einem Konsumententest (Präferenztest) mit einer um 15% zuckerreduzierten Variante und einer um 20% zuckerreduzierten Variante verglichen. Der Test wurde einmal Blind (ohne Information) und einmal mit dem Hinweis zuckerreduziert (resp. ohne Zuckerreduktion) durchgeführt. Unabhängig vom Hinweis nimmt die Präferenz mit sinkendem Zuckeranteil ab, wobei der Hinweis die Abnahme noch verstärkt. Dies deckt sich mit den Erkenntnissen der oben aufgeführten Studien von Johansen et al. (2010) und Vazquez et al. (2009).

Reis et al. (2017) führen in ihren Studien aus, dass es je nach (Gesundheits-) Einstellung der Konsumenten unterschiedlich ist, wie sie auf Informationen über Zuckerreduktion reagieren, so sind eher gesundheitsorientierte Konsumenten eher bereit, solche Produkte besser zu bewerten als diejenigen, die weniger gesundheitsbewusst sind.

In einer Studie, die die ökonomischen Effekte und Verkaufszahlen von „silent reformulated products“ über ein Jahr hinweg untersuchten, konnten Jensen und Sommer (2017) zeigen, dass die Reformulierung bezogen auf die Energiedichte kaum den Absatz beeinflusste, es aber durch die Reformulierung zu einer leichten Abnahme der eingekauften „Energiedichtenmenge“ kam. Allerdings bezogen sich die Reformulierungen ausschliesslich auf die Energiedichte und auch bei den untersuchten Schokocerealien wurde nur die Gesamtfettmenge, nicht jedoch der Zuckergehalt reformuliert.

4.5 Spezielle Zielgruppen für FSC

Im Verlauf der Recherche und der Telefoninterviews wurde immer deutlicher, dass v.a. Kinder bei einer Zuckerreduktion von FSC in den Fokus rücken. Auch das Zuckermonitoring des BLV (Infanger 2016;

Zuckerreduktion in Frühstückscerealien: Technologische Machbarkeit und sensorische Wahrnehmung

Infanger 2017) zeigt, dass bei den Frühstückscerealien hingegen die Kinderprodukte deutlich stärker gezuckert sind. Daher sind nachfolgend Studien mit diesem Fokus zusammengefasst worden.

Süsse FSC sind unter anderem auf Kinder ausgerichtet. Dies ist durch das Marketing (Verpackungsdesign, Geschenke, die den Verpackungen beiliegen, Aktionen/Wettbewerbe auf den Verpackungen) offensichtlich. In den USA ist die FSC-Industrie der zweitwichtigste Lebensmittel-Werbetreibende für Kinder unter 12 Jahren und gibt jährlich 173 Millionen Dollar für die direkte Vermarktung von FSC aus (Federal Trade Commission 2012)¹⁹. Es wurden Studien durchgeführt, die eine positive Korrelation zwischen der Exposition eines Kindes gegenüber solchen Werbungen und seinem Zuckerkonsum zeigen (Batada und Borzekowski 2008; Kraak und Story 2015; LoDolce et al. 2013; Schwartz et al. 2008; Schwartz et al. 2010).

Devi et al. (2014) teilten FSC in Neuseeland basierend auf den Nährwerten in „gesunde“ und „weniger gesunde“ Produkte ein. Zudem wurden gesundheitsbezogene und ernährungsbezogene Claims in diesen beiden Gruppen von FSC betrachtet sowie ob die Produkte speziell auf Kinder ausgerichtet sind. Sie stellten dabei fest, dass FSC für Kinder mehrheitlich den „weniger gesunden“ FSC angehören.

4.6 Zusammenfassung Telefoninterviews

Insgesamt konnten von den 15 angefragten Personen 13 Personen befragt werden: Eine Person aus der Industrie (Maschinenhersteller, Person tätig im Ernährungsprogramm), sechs Personen von Produzenten von FSC (davon einmal Leitung Entwicklung, einmal Leitung Labor und Qualitätsmanagement, einmal Verkauf, einmal Betriebsleitung, einmal Entwicklungsabteilung und einmal Geschäftsleitung), zwei Personen aus dem Detailhandel (beide Bereich Ernährung) sowie vier Personen aus dem Bereich Gesundheit, Ernährung und Konsumentenschutz. Acht der Befragten waren weiblich, fünf männlich. Ein Interview erfolgte schriftlich.

Frage	Zusammenfassung der Antworten
1. Wie schätzen Sie aus Ihrer Perspektive generell den Zuckergehalt von Frühstückscerealien (FSC) ein?	Alle Befragten sind sich der Tatsache bewusst, dass Zuckergehalt von FSC zu hoch ist. Einige weisen noch daraufhin, dass dies v.a. bei Produkten, welche Kinder ansprechen, der Fall ist. Einige Befragte weisen noch daraufhin, dass es grosse Unterschiede zwischen den einzelnen Produktkategorien gibt (z.B. Flockenmischungen vs. Extrudate) und auch zwischen den Herstellern.

¹⁹ Keine Zahlen aus der Schweiz bekannt.

Frage	Zusammenfassung der Antworten
<p>2. Weshalb ist es aus Ihrer Sicht wünschenswert, den Zuckergehalt bei FSC zu senken?</p>	<p>Auch hier sind sich die Befragten einig, dass es für die Gesundheit der Gesamtbevölkerung eine sinnvolle Massnahme ist. Auch angesprochen wird die Gewöhnung der Kinder/Jugendlichen an einen weniger süssen Geschmack und dass es bei FSC wichtig ist, weil diese eigentlich als gesundes Lebensmittel wahrgenommen werden.</p>
<p>3. Welche Produkte mit aktiv reduziertem Zuckergehalt kennen Sie, wie hoch ist der Zuckergehalt jeweils?</p>	<p>Vielfach sind den Befragten Produkte aus den eigenen Unternehmen bekannt. Die Zuckerreduktion liegt den Angaben nach zwischen 2-8 % (allerdings, machten hier nicht alle Befragten eine Angabe resp. hatten viele diese Angaben nicht präsent).</p> <p>Weiterhin ist erwähnt worden, dass bei Müesli (Flocken, Crunchy) Produkte bekannt sind, bei Extrudaten hingegen nicht resp. weniger. Bei Produkten, welche neuentwickelt werden, wurde angegeben, dass hier immer darauf geachtet wird, dass der Zuckergehalt niedrig ist.</p> <p>Bei den Befragten, ohne eigene Produkte/Produktion, werden oftmals Nestlé und Kellogg's Produkte genannt, bei welchen Zuckerreduktionen festgestellt wurden.</p>
<p>4. Kennen Sie Produkte, die identisch oder sehr ähnlich sind in der Zusammensetzung und im Marktauftritt und die in verschiedenen Linien mit unterschiedlichen Zuckergehalten vermarktet werden?</p>	<p>Als Hilfe/Erläuterung zu dieser Frage wurde vom Interviewer ein Beispiel aus dem Getränkebereich²⁰ erwähnt.</p> <p>Im Cerealienbereich sind den meisten Befragten keine Produkte bekannt. Vereinzelt wurden bestimmte Marken resp. Produkte genannt²⁰.</p>

²⁰ Produkte / Marke den Autoren bekannt.

Frage	Zusammenfassung der Antworten
<p>5. Haben Sie bereits Massnahmen / Versuche getroffen, um den Zuckergehalt Ihrer Produkte zu reduzieren? Wenn ja, welche?</p>	<p>Alle Befragten mit eigenen Produkten auf dem Markt gaben an, dass in ihrem Unternehmen bereits Versuche zur Zuckerreduktion laufen resp. bereits zuckerreduzierte Produkte entwickelt wurden. In den meisten Fällen wird der (Kristall-)Zucker durch andere süssschmeckende Substanzen (z.B. Honig, Fruchtpürees, Birnendicksaft, Malzextrakt) ersetzt, Zuckeraustauschstoffe wurden nicht eingesetzt. Auch der Ersatz von Zucker durch einen höheren Getreideanteil wurde genannt.</p> <p>Personen aus dem Bereich Ernährung/Gesundheit/Konsumentenschutz haben bisher keine Massnahmen zur Zuckerreduktion bei auf dem Markt erhältlichen Produkten feststellen können (Anmerkung: spricht dafür, dass stille Reduktion funktioniert, da die Hersteller/Händler ja bereits Produkte auf dem Markt haben; kann aber auch sein, dass die zuckerreduzierten Produkte nicht im Fokus dieser Befragten waren). Als Wünsche wurde hier genannt, dass v.a. die Produkte für Kinder/Jugendliche reduziert werden und mehr Nahrungsfasern eingesetzt werden.</p>
<p>6. Wie sehen Sie eine „stille“ Reduktion²¹ des Zuckergehaltes?</p>	<p>Grundsätzlich sehen die Befragten die stille Reduktion als sinnvoll/notwendig an. Es wird aber auch angemerkt, dass es je nach Kundensegment, Grösse der Reduktion oder aus Marketinggründen sinnvoll wäre die Reduktion auszuloben.</p> <p>Vereinzelt gibt es Anmerkungen, dass eine stille Reduktion bei FSC nicht möglich ist</p> <p>Die Befragten im Bereich Gesundheit/Konsumentenschutz empfanden diese Frage als schwieriger. Eine stille Reduktion wird aber auch von diesen Befragten nicht generell abgelehnt.</p>

²¹ Der Begriff «stille» Reduktion wurde den Interviewten erklärt (Zuckerreduktion, ohne dass die Konsumenten dies sensorisch bemerken)

Frage	Zusammenfassung der Antworten
<p>7. Der Zuckergehalt wird vermutlich schrittweise reduziert werden. Haben Sie Erfahrungen, wie weit diese Reduktionsschritte (zeitlich gesehen) auseinander liegen sollten, um zu ermöglichen, dass die Konsumenten sich an den leicht veränderten Geschmack gewöhnen können?</p>	<p>Vor allem die produzierenden Betriebe haben hier Erfahrungen. Die Grösse der Reduktionsschritt wird in der Regel auf 2 bis 5 % beziffert, auch bis zu 10 % Zuckerreduktion sind in einem Schritt möglich. Es wird aber auch darauf hingewiesen, dass dies von Produkt zu Produkt sehr unterschiedlich sein kann.</p> <p>Der Abstand zwischen den einzelnen Reduktionsschritten wird von den Befragten auf ½ bis 1 Jahr eingeschätzt. Diese Angabe basiert mehrheitlich auf den logistischen Möglichkeiten (z.B. Aufbrauchen von Verpackungsmaterial, Aufbrauchen von Rohstoffen) und weniger auf die 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.</p>
<p>8. Wie schätzen Sie die Reaktion der Konsumenten ein?</p>	<p>Die Reaktion der Konsumenten wird von den Befragten überwiegend als positiv eingeschätzt resp. die Erfahrungen sind i.d.R. positiv. Es wurde angemerkt, dass es natürlich auch negative Rückmeldungen gab resp. geben wird, dass man es aber nie allen recht machen kann.</p> <p>Auch das Thema Bevormundung der Konsumenten wurde angesprochen.</p> <p>Angemerkt wurde, dass dies auch vom Kundensegment abhängig ist (heavy-user werden Reduktion/Veränderung wahrscheinlich eher spüren).</p> <p>Es wird auch angeführt, dass die Reaktion je nach Produkt sehr unterschiedlich ausfallen kann</p>

Frage	Zusammenfassung der Antworten
<p>9. Würde eine Zuckerreduktion Auswirkungen auf den Verkaufspreis haben? Resp. ist eine Zuckerreduktion ohne Erhöhung des Preises denkbar?</p>	<p>Hier sind die Einschätzungen unterschiedlich. Allen Befragten ist allerdings klar, dass Zucker der resp. einer der billigsten Rohstoffe ist.</p> <p>Es wird aber tendenziell eher davon ausgegangen, dass eine Zuckerreduktion nicht zu einem Preisanstieg führt (zumindest beim Endkonsumenten). Abhängig ist dies natürlich davon, welcher Ersatz für Zucker eingesetzt wird.</p> <p>Die Befragten aus dem Bereich Gesundheit/Konsumentenschutz glauben ebenfalls nicht, dass die Zuckerreduktion zu einer Preissteigerung führt. Sie schätzen die Reaktion der Konsumenten – falls der Preis doch höher sein sollte – als unterschiedlich ein, abhängig von der Höhe der Preissteigerung, gesellschaftlicher Schicht, Wohnort oder anderen demographischen Faktoren.</p>
<p>10. Was sind im Zusammenhang der Zuckerreduktion mögliche weitere Entwicklungen in der Zukunft, gibt es in Zukunft „zuckerfreie“ Frühstückscerealien?</p>	<p>Hier sind die Antworten sehr divers.</p> <p>Allerdings wird von einigen Befragten (nicht ausschliesslich bei dieser Frage) erwähnt, dass eine Zuckerreduktion in den Produkten alleine nicht ausreichend ist, sondern dass es auch begleitende Massnahmen (z.B. Aufklärungskampagnen) braucht resp. weitere Produktgruppen miteinbezogen werden müssen.</p>

5 Diskussion und Fazit

Der vorliegende Bericht zur Literaturrecherche inkl. Telefoninterviews mit Experten zeigt, dass bereits einiges unternommen wurde hinsichtlich der Zuckerreduktion in verschiedenen Produktkategorien. Die Suche nach Literatur direkt zu zuckerreduzierten FSC war allerdings wenig erfolgreich, hier gibt es bisher kaum passende Studien. Durch die Telefoninterviews wurde ersichtlich, dass in den FSC-produzierenden Betrieben zur Zuckerreduktion oftmals andere süssschmeckende Substanzen eingesetzt werden. Diese enthalten ebenfalls Zucker, werden aber auf der Zutatenliste anders deklariert. Eine einfache Möglichkeit zur Zuckerreduktion wäre der Einsatz von Zuckerersatzstoffen resp. Zuckeraustauschstoffen (z.B. Aspartam oder Stevia), was aber nicht Ziel des Projektes ist und daher in der Literaturrecherche nicht weiterverfolgt wurde, auch wenn hierzu viele Studien durchgeführt wurden.

Die Ergebnisse der Literaturrecherche stellen eine wichtige Basis für die Erstellung des Versuchsplan dar, wobei sowohl ausgehend von Gesprächen mit dem BLV als auch aus den Treffen mit den Projektpartnern klar hervorgegangen ist, die zu testenden Ansätze so einfach wie möglich zu halten.

Folgende Ansätze zur Zuckerreduktion sollen im Projekt untersucht werden:

- Gebackene Sorten
 - o Erhöhung des Flocken-/Cerealienanteils, kombiniert mit Vorverkleisterung
 - o Einsatz von Binder (lösliche Fasern) und – falls notwendig – Erhöhung des Proteinanteils
 - o Sensorische Effekte (Aroma, Zuckerverteilung, Partikelgrösse), z.B. Granola in zwei Durchgängen Backen (innere (weniger süsse) und äussere (süssere) Cluster)
- Flakes
 - o Einsatz von Aroma (unterhalb der Wahrnehmungsschwelle, „modifying Aroma“) und Binder (lösliche Fasern) im Coating
 - o Coating in mehreren Schichten (mit weniger Zucker gesamthaft gesehen)
 - o Einsatz von Calciumcarbonat alleine oder in Verbindung mit einem funktionellen Inhaltsstoff (Füllstoff, Binder → lösliche Fasern) im Coating
 - o Anwendung von Calciumcarbonat und einem funktionellen Inhaltsstoff (Füllstoff, Binder → lösliche Fasern) in der Masse
 - o Sensorische Effekte (Zuckerverteilung im Produkt) und Anwendung eines funktionellen Inhaltsstoffes (Füllstoff, Binder → lösliche Fasern) in der Masse, bei den Sorten Schokolade und Frucht
 - o Einsatz von Aroma und einem funktionellen Inhaltsstoff (Füllstoff, Binder → lösliche Fasern) in der Masse
- Direkt expandierte Cerealien
 - o Gepuffte Cerealien mit Coating in mehreren Schichten
 - o Extrudierte Cerealien mit modifying Aroma und funktioneller Inhaltsstoff (Füllstoff, Binder → lösliche Fasern) im Coating

Zuckerreduktion in Frühstückscerealien: Technologische Machbarkeit und sensorische Wahrnehmung

- Extrudierte Cerealien mit Calciumcarbonat und funktioneller Inhaltsstoff (Füllstoff, Binder → lösliche Fasern) im Coating

Andere Ideen, die – falls in der Versuchsphase relativ schnell klar wird, dass ein Ansatz nicht funktioniert – im Projekt weiterverfolgt werden könnten, sind z.B. der Einsatz von Vollkornprodukten als Ausgangszutaten (Huber und Kühne 2004), dies könnte aber bestehende Produkte evtl. zu stark verändern.

Sicherlich wären viele weitere Ansätze denkbar (neue Technologien, neue Produkte, Entwicklung verkapselter Zucker etc.). Allerdings liegen diese nicht im Fokus des Projekts, Entwicklungen in diesen Bereichen werden aber zumindest medial weiterverfolgt und ggf. wieder aufgegriffen.

Hinsichtlich der Reduktionsschritte konnten ähnlich wie bei der Recherche zu Ansätzen für eine Zuckerreduktion nur wenige Informationen gefunden werden. Die gefundenen Studien zeigen, dass die Grösse der Reduktionsschritte je nach Produkt variiert und macht daher eine Übertragbarkeit auf die FSC schwierig. Konkretere Hinweise liefern hier die Telefoninterviews. Reduktionsschritte zwischen 2 bis 5 %, aber auch bis zu 10 % sind laut Erfahrungen der Befragten möglich, wobei bei diesen Aussagen potentielle Interessenskonflikte bedacht werden müssen. Durch die begleitenden sensorischen Untersuchungen während der Produktentwicklung sowie durch die sensorischen Tests mit Konsumenten in der Endphase des Projekts werden hierzu weitere Informationen gesammelt werden, um eine fundierte Empfehlung abgegeben zu können.

Literatur hinsichtlich der Zeitintervalle, welche zwischen den einzelnen Reduktionsschritten liegen können, ist ebenfalls schwer zu finden resp. nur wenig veröffentlicht. Allgemein anerkannt ist, dass durch vermehrte Gabe resp. durch vermehrten Konsum ein Gewöhnungseffekt (Habituation) eintritt, welcher die Geschmacksempfindung beeinflusst und Akzeptanz beeinflusst. Keine Angaben findet man hingegen dazu, ab wann ein solcher Effekt auftritt. Allerdings konnten auch hier die Telefoninterviews einen Anhaltspunkt liefern. Die Befragten gehen davon aus, dass Reduktionsschritte in einem Abstand von einem halben bis einem Jahr durchgeführt werden können. Jedoch basieren die Annahmen nicht auf der Wahrnehmung von Konsumenten, sondern auf der technologischen Umsetzbarkeit und können daher nur als Rahmenbedingungen herangezogen werden. Mit den sensorischen Studien, welche im Rahmen des Projekts durchgeführt werden, können hierzu wahrscheinlich nur wenige Erkenntnisse gesammelt werden, da der Projektzeitraum hierfür zu kurz ist.

Vergessen werden darf auch nicht, dass eine Packung FSC nicht innerhalb eines Tages, sondern meist über einen längeren Zeitraum hinweg aufgebraucht wird. Daher sollten Reduktionsschritte bei FSC nicht schneller vorgenommen werden, als Konsumenten die Produkte nachkaufen.

Keine Informationen wurden in der Literatur zur Umsetzbarkeit resp. Aufwand/Kosten gefunden. Daher werden diese Punkte ebenso wie die Betrachtung von Vor- und Nachteilen bzgl. Effizienz anhand der eigenen Untersuchungen im Rahmen des Projektes sowie anhand der bisherigen Erfahrungswerte der Projektpartner beurteilt.

Zuckerreduktion in Frühstückscerealien: Technologische Machbarkeit und sensorische Wahrnehmung

Abschliessend ist es wichtig anzumerken, dass die vorliegende Recherche nicht abschliessend ist und im Projekt laufend weitergeführt wird. Neben wissenschaftlichen Publikationen werden auch die weiteren Medien beobachtet, da in vielen verschiedenen Ländern vermehrt Aktionen zur Reduktion von Zucker in Lebensmitteln durchgeführt werden.

Literaturverzeichnis

- Aigster, A., Duncan, S.E., Conforti, F.D. und Barbeau, W.E. (2011): Physicochemical properties and sensory attributes of resistant starch-supplemented granola bars and cereals. *LWT - Food Science and Technology* 44 (10), 2159-2165.
- Alonso, S. und Setser, C. (1994): Functional replacements for sugars in foods. *Trends in Food Science and Technology*, 5 (5), 139-146.
- Augurzky, B., Bünnings C., Dördelmann, S., Greiner, W., Hein, L., Scholz, S. und Wübker, A. (2016): Die Zukunft der Pflege im Krankenhaus. RWI Materialien -Heft 104. Download von http://www.rwi-essen.de/media/content/pages/publikationen/rwi-materialien/rwi-materialien_104.pdf
- Batada, A. und Borzekoswki, D. (2008): SNAP! CRACKLE! WHAT? Recognition of cereal advertisements and understanding of commercials' persuasive intent among urban, minority children in the US. *Journal of Children and Media* 2 (1), 19-36.
- Biguzzi, C., Lange, C. und Schlich, P. (2015): Effect of sensory exposure on liking for fat- or sugar-reduced biscuits. *Appetite* 95, 317-323.
- Birbaumer, N.-P. und Schmidt, R. F. (2010): *Biologische Psychologie*. 7. überarbeitete und ergänzte Auflage. Springer Medizin, Heidelberg.
- Birch, G. G. (1999): Modulation of sweet taste. *BioFactors* 9 (1), 73-80.
- Bhise, S. und Kaur, A. (2013): Polyols to improve quality and shelf life of baked products: a review. *International Advanced Research Journal in Science, Engineering and Technology* 3, 262-72.
- Bobowski, N. und Vickers Z. (2012): Determining sequential difference thresholds for sodium chloride reduction. *Journal of Sensory Studies* 27, 168-175.
- Brnčić, M., Tripalo, B., Ježek, D., Semenski, D., Drvar, N. und Ukrainczyk, M. (2006): Effect of twin-screw extrusion parameters on mechanical hardness of direct-expanded extrudates. *Sadhana* 31 (5), 527-536.
- Buchecker, K. und Matullat, I. (2012): *Sensorik-Lexikon* (1. Auflage.). Hamburg: Behr's Verlag.
- Bundesamt für Gesundheit (2016): Nationale Strategie zur Prävention nichtübertragbarer Krankheiten. <https://www.bag.admin.ch/bag/de/home/strategie-und-politik/nationale-gesundheitsstrategien/strategie-nicht-uebertragbare-krankheiten.html> (abgerufen am 17.12.2017).
- 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).

Zuckerreduktion in Frühstückscerealien: Technologische Machbarkeit und sensorische Wahrnehmung

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.

Busch-Stockfisch, M. (Hrsg.). (2015): *Sensorik kompakt: in der Produktentwicklung und Qualitätssicherung* (1. Auflage.). Hamburg: Behr's Verlag.

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.

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.

Chung, S.-J. und Vickers, Z. (2007): Long-term acceptability and choice of teas differing in sweetness. *Food Quality and Preference* 18, 963-974.

Combris, P., Goglia, R., Henini, M., Soler, L. G. und Spiteri, M. (2011): Improvement of the nutritional quality of foods as a public health tool. *Public health* 125, 717-724.

de Oliveira Pineli, L. L., de Aguiar, L. A., Fiusa, A., Braz de Assunção 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.

Oliveira de Souza, N. C., de Lacerda de Oliveira, L. , de Alencar, E. R., Pereira Moreira, G., dos Santos Leandro, E., Cortez Ginani, V. und Puppim Zandonadi, R. (2018): Textural, physical and sensory impacts of the use of green banana puree to replace fat in reduced sugar pound cakes. *LWT -Food Science and Technology* 89, 617-623.

Devi, A., Eyles, H., Rayner, M., Mhurchu, C. N., Swinburn, B., Lonsdale-Cooper, E. und Vandevijvere, S. (2014): Nutritional quality, labelling and promotion of breakfast cereals on the New Zealand market. *Appetite* 81, 253-260.

DLG (o.J.): Was ist Zucker? <http://www.dlg-verbraucher.info/de/lebensmittel-wissen/info-service-zucker.html> (Abgerufen am 17.12.2017).

Zuckerreduktion in Frühstückscerealien: Technologische Machbarkeit und sensorische Wahrnehmung

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

DouxMatok (2017). Abgerufen am 20.01.2018 von <https://www.douxmatok.com/>

DouxMatok (2018). Abgerufen am 02.09.2019 von <https://www.douxmatok.com/>

Dürschmid, 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.

Faller, J. F., Faller, J. Y. und Klein, B.P. (2000): Physical and Sensory Characteristics of Extruded Corn/Soy Breakfast Cereals. *Journal of Food Quality* 23 (1), 87-102.

Federal Trade Commission (2012): A Review of Food Marketing to Children and Adolescents. <https://www.ftc.gov/sites/default/files/documents/reports/review-food-marketing-children-and-adolescents-follow-report/121221foodmarketingreport.pdf> (Abgerufen am 14.12.2017).

Franco-Robles, E. und Lopez, M. G. (2015): Implication of Fructans in Health: Immunomodulatory and Antioxidant Mechanisms. *The Scientific World Journal*, Volume 2015, Article ID 289267, 15 pages.

Fossgreen, A. (o.J.). Hat der Zucker bald ausgedient? <https://desktop.12app.ch/articles/29065480> (Abgerufen am 20.01.2018)

Galindo-Cuspinera, V., Winnig, M., Bufe, B., Meyerhof, W. und Breslin, P. A. S. (2006): A TAS1R receptor-based explanation of sweet 'water-taste'. *Nature* 441 (7091), 354-357.

Germerscheid, V. (o. J.): Zucker und andere Süßungsmittel. <https://www.vis.bayern.de/ernaehrung/lebensmittel/gruppen/zucker.htm#zuckeraustauschstoffe> (Abgerufen am 17.12.2017).

Ghosh, S. und Sudha, M. L. (2012): A review on polyols: new frontiers for health-based bakery products. *International Journal of Food Sciences and Nutrition* 63 (3), 372-379.

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.

Guy, R. (2001). *Extrusion cooking: technologies and applications*. Cambridge: Woodhead Publishing Limited.

Hagendorf, H., Krummenacher, J., Müller, H.-J. und Schubert, T. (Hrsg.). (2011): *Wahrnehmung und Aufmerksamkeit: allgemeine Psychologie für Bachelor ; mit 7 Tabellen*. Berlin: Springer.

Zuckerreduktion in Frühstückscerealien: Technologische Machbarkeit und sensorische Wahrnehmung

Holm, K., Wendin, K. und Hermansson, A-M (2009): Sweetness and texture perceptions in structured gelatin gels with embedded sugar rich domains. *Food Hydrocolloids* 23 (8), 2388-2393.

Hoppert, K., Zahn, S., Puschmann, A., Ullmann, I., Rohm, H. (2012): Quantification of sensory difference thresholds for fat and sweetness in dairy-based emulsions. *Food Quality and Preference* 26, 52-57.

Hoppert, K., Zahn, S., Jänecke, L., Mai, R., Hoffmann, S., Rohm, H. (2013): Consumer acceptance of regular and reduced-sugar yogurt enriched with different types of dietary fiber. *International Dairy Journal* 28, 1-7.

Huber, C. A. und Wieser, S. (2018): Die Schweiz zahlt hohen Preis für nicht-übertragbare Krankheiten. *Schweizerische Ärztezeitung* 99(33):1054–1056.

Huber, K. und Kühne, P. (2004): Frühstückscerealien: Neue und bekannte Getreideprodukte - Herstellung, Qualitätsveränderungen, Bio-Angebot (Bericht). Arbeitskreis für Ernährungsforschung e.V. (Abgerufen von <http://orgprints.org/4794/> am 12.01.2018)

Infanger, E. (2017): Zucker in Joghurt und Frühstückscerealien. (Abgerufen von <https://www.blv.admin.ch/blv/de/home/lebensmittel-und-ernaehrung/ernaehrung/massnahmen-ernaehrungsstrategie/zuckerreduktion.html> am 14.12. 2017)

Infanger, E. (2018): Zugewetzter 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)

Jensen, J. D. und Sommer, I. (2017): Reducing calorie sales from supermarkets –‘silent’ reformulation of retailer-brand food products *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity* 14, 104.

Johansen, S. B., Naes, T., Øyaas, J. und Hersleth, M. (2010): Acceptance of calorie-reduced yoghurt: Effects of sensory characteristics and product information. *Food Quality and Preference* 21, 13–21.

Jyotaki, M., Shigemura, N. und Ninomiya, Y. (2010): Modulation of sweet taste sensitivity by orexigenic and anorexigenic factors. *Endocrine Journal* 57 (6), 467-475.

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

Kilcast, D., Portmann, M.-O. und Byrne, B. E. (2000): Sweetness of bulk sweeteners in aqueous solution in the presence of salts. *Food Chemistry* 70 (1), 1–8.

Klingler, R. W. (2010): *Grundlagen der Getreidetechnologie*. 2 Auflage, Behr’s Verlag, Hamburg.

-
- Kraak, V. I. und Story, M. (2015): Influence of food companies' brand mascots and entertainment companies' cartoon media characters on children's diet and health: a systematic review and research needs. *Obesity reviews* 16, 107–126.
- Kurth, B. M. und Schaffrath-Rosario, A. (2010): Übergewicht und Adipositas bei Kindern und Jugendlichen in Deutschland. Robert-Koch-Institut, Berlin, *Bundesgesundheitsblatt* 53, 643–652 (Abgerufen von <http://edoc.rki.de/oa/articles/reIXcLKBs9uis/PDF/27A1KTMTtAiWs.pdf> am 12.12.2017).
- Labbe, D., Rytz, A., Morgenegg, C., Ali, S. und Martin, N. (2007): Subthreshold Olfactory Stimulation Can Enhance Sweetness. *Chemical Senses* 32(3), 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.
- Lavin, J. G. und Lawless, H. T. (1998): Effects Of Color And Odor On Judgements Of Sweetness Among Children And Adults. *Food Quality and Preference* 9 (4), 283-289.
- Lawless, H. T. und Heymann, H. (1999): *Sensory evaluation of food: principles and practices*. New York, NY: Chapman und Hall.
- Leistner, L. (1992): Food preservation by combined methods. *Food research international* 25 (2), 151-158.
- Li, B. W. und Schuhmann, P. J. (1980): Gas-Liquid Chromatographic Analysis of Sugars in Ready-To-Eat Breakfast Cereals. *Journal of Food Science* 45 (1), 138-141.
- Li, B. W. und Schuhmann, P. J. (1981): Gas Chromatographic Analysis of Sugars in Granola Cereals. *Journal of Food Science* 46 (2), 425-427.
- Liang, P., Roy, S., Chen, M.-L., Zhang, G.-H. (2013): Visual influence of shapes and semantic familiarity on human sweet sensitivity. *Behavioural Brain Research* 253, 42-47.
- Liu, Y., Hsieh, F., Heymann, H. und Huff, H.E. (2000): Effect of Process Conditions on the Physical and Sensory Properties of Extruded Oat-Corn Puff. *Journal of Food Science* 65 (7), 1253-1259.
- LoDolce, M.E., Harris, J.L. und Schwartz, M.B. (2013): Sugar as Part of a Balanced Breakfast? What Cereal Advertisements Teach Children About Healthy Eating. *Journal of Health Communication*, 18 (11), 1293-1309.
- Longacre, M., Drake, K., Titus, L., Harris, J., Cleveland, L., Langeloh, G., Hendricks, K. und Dalton, M. (2017): Child-targeted TV advertising and preschoolers' consumption of high-sugar breakfast cereals. *Appetite* 108, 295-302.
- Loper H. B., La Sala M, Dotson C und Steinle N. (2015): Taste perception, associated hormonal modulation, and nutrient intake. *Nutrition Reviews* 73, 83-91.

Zuckerreduktion in Frühstückscerealien: Technologische Machbarkeit und sensorische Wahrnehmung

Ma, Y., He, F. J., Yin, Y., Hashem, K. M. und MacGregor, G. A. (2016): Gradual reduction of sugar in soft drinks without substitution as a strategy to reduce overweight, obesity, and type 2 diabetes: a modelling study. *The Lancet Diabetes und Endocrinology* 4 (2), 105–114.

Mayhew, E. J., Schmidt, S. J. und Lee, S. Y. (2017): Sensory and Physical Effects of Sugar Reduction in a Caramel Coating System. *Journal of Food Science* 82 (8), 1935-1946.

Methven, L., Langreny E. und Prescott, J. (2012): Changes in liking for a no added salt soup as a function of exposure. *Food Quality and Preference* 26, 135-140.

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. und Kerry, J. P. (2009): The Investigation of Gender-Related Sensitivity Differences In Food Perception. *Journal of Sensory Studies* 24 (6), 922–937.

Miele, N. A., Cabisidan, E. K., Plaza, A. G., Masi, P., Cavella, S. und Di Monaco, R. (2017): Carbohydrate sweetener reduction in beverages through the use of high potency sweeteners: Trends and new perspectives from a sensory point of view. *Trends in Food Science and Technology* 64, 87-93.

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.

Navale, S. A., Swami, S. B. und Thakor, N. J. (2015): Extrusion Cooking Technology for Foods: A Review. *Journal of Ready to Eat Food* 2 (3), 66-80.

Niki, M., Jyotaki, M., Yoshida, R., Yasumatsu, K., Shigemura, N., DiPatrizio, N. V., Piomelli, D. und Ninomiya, Y. (2015): Modulation of sweet taste sensitivities by endogenous leptin and endocannabinoids in mice. *The Journal of Physiology* 593 (11), 2527-2545.

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.

-
- Pathare, P. B. (2010): Optimisation of granola breakfast cereal manufacturing process by wet granulation and pneumatic conveying. PhD Thesis, University College Cork.
- Pathare, P. B. und Byrne, E. P. (2011): Application of wet granulation processes for granola breakfast cereal production. *Food Engineering Reviews* 3 (3-4), 189-201.
- Peng, M., Hautus, M. J., Oey, I. und Silcock, P. (2016): Is there a generalized sweetness sensitivity for an individual? A psychophysical investigation of inter-individual differences in detectability and discriminability for sucrose and fructose. *Physiology und Behaviour* 165, 239-248.
- Piqueras-Fiszman B., Alcaide J., Roura E. und Spence C. (2012): Is it the plate or is it the food? Assessing the influence of the color (black or white) and shape of the plate on the perception of the food placed on it. *Food Quality and Preference* 24 (1), 205-208.
- Reis, F., Alcaire, F., Deliza, R. und Ares, G. (2017): The role of information on consumer sensory, hedonic and wellbeing perception of sugar-reduced products: Case study with orange/pomegranate juice. *Food Quality and Preference* 56, 164–172.
- 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.
- Rodrigues, J. F., da Silva Andrade, R., Carvalho Bastos, S., Bragança Coelho., S. und Marques Pinheiro, A. C. (2016): Miracle fruit: An alternative sugar substitute in sour beverages. *Appetite* 107, 645-653.
- Romagny, S., Ginon, E. und Salles, C. (2017): Impact of reducing fat, salt and sugar in commercial foods on consumer acceptability and willingness to pay in real tasting conditions: A home experiment. *Food Quality and Preference* 56, 164–172.
- 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), 135-143.
- Saint-Eve, A., Leclercq, H., Berthelo, S., Saulnier, B., Oettgen, W. und Delarue, J. (2016): How much sugar do consumers add to plain yogurts? Insights from a study examining French consumer behavior and self-reported habits. *Appetite* 99, 277-284.
- 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.
- Schiffman, S., Booth, B., Losee, M., Pecore, S. und Warwick, Z. (1995): Bitterness of sweeteners as a function of concentration. *Brain Research Bulletin* 36 (5), 505-513.
- Schillinger, D. und Kahn, J. G. (2017): Mobilizing for a war on the home front against sugar-related morbidity and mortality. *Journal of Health Policy Research* 6, 32.

Schwartz, M. B., Vartanian, L. R., Wharton, C. M. und Brownell, K.D. (2008): Examining the Nutritional Quality of Breakfast Cereals Marketed to Children. *Journal of the American Dietetic Association* 108, 702-705.

Schwartz, M. B., Ross, C., Harris, J. L., Jernigan, D. H., Siegel, M., Ostroff, J. und Brownell, K. D. (2010): Breakfast Cereal Industry Pledges to Self-Regulate Advertising to Youth: Will They Improve the Marketing Landscape? *Journal of Public Health Policy* 31 (1), 59-73.

Severson, K. (2016): A Short History of Cereal. [online] *Nytimes.com*.
<https://www.nytimes.com/interactive/2016/02/22/dining/history-of-cereal.html> (Abgerufen am 14.12.2017).

Singh, P., Kumar, R., Sabapathy, S. N. und Bawa, A. S. (2008): Functional and Edible Uses of Soy Protein Products. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 7 (1), 14-28.

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.

Statista (2017): Cerealien und Müsli. Absatz pro Kopf in Kilogramm für die Schweiz.
<https://de.statista.com/outlook/40090100/155/cerealien-und-muesli/schweiz#> (abgerufen am 23.03.2018).

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.

Strugnell, C. (1997): Colour and its Role in Sweetness Perception. *Appetite* 28, 85.

Suez, J., Korem, T., Zilberman-Schapira, G., Segal, E. und Elinav, E. (2015): Non-caloric artificial sweeteners and the microbiome: findings and challenges. *Gut Microbes* 6 (2), 149-155.

Süsskraftzahl von Süßungsmittel (o. J.).
<http://www.eduhi.at/material/extern/Zuckerkoetter%20Version%203/Zuckerkoetter/S%C3%BCssstoffe/S%C3%BC%C3%9Fkraftzahl%20von%20S%C3%BC%C3%9Fungsmittel.htm> (Abgerufen 17.12.2017)

Taubes, G. (2018) What if sugar is worse than just empty calories? An essay by Gary Taubes. *British Medical Journal* 2018, 360, j5808.

Ternes, W. (2008): *Naturwissenschaftliche Grundlagen der Lebensmittelzubereitung* (3. überarb. Aufl.). Hamburg: Behr's Verlag.

Thomas, R., Pehrsson, P., Ahuja, J., Smieja, E. und Miller, K. (2013): Recent Trends in Ready-to-eat Breakfast Cereals in the U.S. *Procedia Food Science* 2, 20-26.

Tribelhorn, R. E. (1991): Breakfast Cereals. In K. J. Lorenz und K. Kulp (Hrsg.): *Handbook of Cereal Science and Technology*. New York: Marcel Dekker, Inc.

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.

Vazquez, M. B., Curia, A. and Hough, G. (2009): Sensory descriptive analysis, sensory acceptability and expectation studies on biscuits with reduced added salt and increased fiber. *Journal of Sensory Studies* 24, 498-511.

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

Yoshida R., Niki M., Jyotaki M., Sanematsu K., Shigemura N., Ninomiya Y. (2013): Modulation of sweet responses of taste receptor cells. *Seminar in Cell and Development Biology* 24 (3), 226-231.

Werner und Pfeleiderer (2011): *Der WP-Extruder in der Nahrungsmittelindustrie. Grundlagen und Anwendungen.* Stuttgart

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.

WHO (2016) <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs311/en/> Factsheet (Abgerufen am 12.01.2018).

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)

Zverev, Y. P. (2004): Effects of caloric deprivation and satiety on sensitivity of the gustatory system. *BMC neuroscience* 5, 5.

**Zuckerreduktion in Frühstückscerealien:
Technologische Machbarkeit und sensorische Wahrnehmung**

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Einfluss des Zuckergehalts auf die Extrusionsparameter Temperatur, Druck, spez. Energie und Dickenexpansion (Werner und Pfeleiderer 2011) 9

Abbildung 2: Einfache Übersicht zum Verlauf von Geschmackswahrnehmungen ausgehend vom Reiz über die Rezeptoren und via Nerven zum Gehirn (Dürschmid 2009)..... 10

Abbildung 3: Visuelles Beispiel für den Kontrasteffekt (eigene Darstellung) 17

Abbildung 4: Zuckerverteilung in den Proben (Holm et al. 2009)..... 18

Abbildung 5: Intensität der Süsse der Proben zu den unterschiedlichen Messzeitpunkten (Holm et al. 2009)..... 19

Abbildung 6: Ergebnis des Süsse-Rankings (Lavin und Lawless 1998) 20

Abbildung 7: Unterschied der subjektiven Empfindungsintensität in Abhängigkeit zur Reizstärke (Birbaumer und Schmidt 2010) 28

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Homogene Stoffmischungen die durch Synergieeffekte die Süsse verstärken (modifiziert nach Birch 1999)..... 15

Tabelle 2: Zuckerarten und deren Süsskraft bezogen auf die Süsskraft von Saccharose (Süskkraftzahl von Süssungsmittel (o. J.); Germscheid (o.J.))..... 15

Tabelle 3: Aromastoffe und deren Auswirkung auf die Süsseempfindung von Saccharose (modifiziert nach Dürschmid 2009) 16

Tabelle 4: Ergebnisse für Süsse, Cremigkeit und Beliebtheit von normaler Milch und aromatisierter Milch (modifiziert nach Lavin und Lawless 1998) 16

Tabelle 5: Möglichkeiten zur Süsseverstärkung in Frühstückscerealien und deren geschätzte Eignung 21

Tabelle 6: Produkte der Marktsichtung im Bereich Flakes Nature **Fehler! Textmarke nicht definiert.**

Tabelle 7: Produkte der Marktsichtung im Bereich Flakes mit Frucht **Fehler! Textmarke nicht definiert.**

Tabelle 8: Produkte der Marktsichtung im Bereich Flakes mit Schokolade **Fehler! Textmarke nicht definiert.**

Tabelle 9: Produkte der Marktsichtung im Bereich Gebackene Sorten Nature. **Fehler! Textmarke nicht definiert.**

Tabelle 10: Produkte der Marktsichtung im Bereich Gebackene Sorten mit Frucht .. **Fehler! Textmarke nicht definiert.**

Tabelle 11: Produkte der Marktsichtung im Bereich Gebackene Sorten mit Schokolade **Fehler! Textmarke nicht definiert.**

Tabelle 12: Produkte der Marktsichtung im Bereich direct expanded cereals .. **Fehler! Textmarke nicht definiert.**

Formelverzeichnis

Formel 1: Weber Gesetz modifiziert nach Birbaumer und Schmidt 2010 27
Formel 2: Stevens Potenzfunktion (Birbaumer und Schmidt 2010)..... 27