

Hochschule Neubrandenburg

Fachbereich Agrarwirtschaft und Lebensmittelwissenschaften

Studiengang Lebensmittel- und Bioprodukttechnologie

SS 2011

Einfluss von Aromazusammensetzung und
Süßungsmitteln auf die sensorischen Eigenschaften von
Vanilleeiscreme

Master-Thesis

01.05.2011 – 31.10.2011

Verfasserin: Linda Bernett

Betreuer: Prof. Dr. Jörg Meier (Hochschule Neubrandenburg)
Dr. Reimer Jürgens (LUFA Nord-West, Oldenburg)

Ocholt, 24. Oktober 2011

urn:nbn:de:gbv:519-thesis-2011-0067-0

Danksagung

Herrn Dr. Jürgens danke ich für das Überlassen des interessanten Themas, sowie ihm und Herrn Prof. Dr. Meier für die Unterstützung, die ich im Vorfeld und während der Bearbeitung des Themas erfahren habe.

Besonderer Dank gilt auch dem Team der Lehrmolkerei für die fachliche und praktische Unterstützung während der Arbeiten im Technikum.

Weiterhin möchte ich allen Prüfpersonen für die Teilnahme an den sensorischen Prüfungen danken.

Abstract

In this study vanilla ice creams with different flavorings and sweetening agents were analyzed. The ice creams were flavored with artificial flavoring, natural vanilla flavoring and Bourbon vanilla extract. They were sweetened with sucrose or with the sweeteners aspartame or Neohesperidin.

An untrained sensory panel evaluated overall impression, taste and appearance of all ice creams. Furthermore ranking test and consensus profiling were conducted.

The best-liked ice cream was with artificial flavoring. Ice cream with natural flavoring had foreign tastes, it was not accepted. The addition of extract had no significant influence to popularity. The characteristics of this flavoring were overlaid by the other flavorings.

Sweet vanilla ice cream was preferred. Best liked were types with 12 % sucrose. The consumer acceptance increased also significantly with addition of aspartame. But the texture of sugar-free ice creams has to be improved. The overrun was lower and it was described as less airy and creamy.

One ice cream was sweetened with Neohesperidin. It was not accepted, because the sweetener affected strong foreign tastes and aftertastes, which overlaid partly the vanilla aroma.

Verzeichnis der verwendeten Abkürzungen, Symbole und Einheiten

A	Aussehen
GE	Gesamteindruck
GS	Geschmack
MG	Mundgefühl
MMP	Magermilchpulver
NG	Nachgeschmack und Nachgefühl
N	Versuch mit Neohesperidin
p	Irrtumswahrscheinlichkeit
s	Standardabweichung
\bar{x}	Mittelwert
*	Irrtumswahrscheinlichkeit unter 0,05, signifikant
**	Irrtumswahrscheinlichkeit unter 0,01, hoch signifikant
***	Irrtumswahrscheinlichkeit unter 0,001, höchst signifikant

Inhaltsverzeichnis

Danksagung	2
Abstract	3
Verzeichnis der verwendeten Abkürzungen und Symbole	4
1 Einleitung	7
2 Stand der Wissenschaft und Technik	8
2.1 Speiseeis	8
2.1.1 Rechtliche Aspekte	8
2.1.2 Wichtige Bestandteile	9
2.1.3 Industrielle Herstellung	14
2.1.4 Ernährungsphysiologische Bedeutung	17
2.2 Saccharose und andere Süßungsmittel	19
2.3 Vanille und Vanillearomen	23
2.4 Einflüsse auf die sensorischen Eigenschaften von Vanilleeis	25
2.5 Untersuchung der sensorischen Eigenschaften	31
3 Material und Methoden	35
3.1 Versuchsplanung	35
3.2 Verwendete Anlagen und Materialien	36
3.3 Vorversuche	41
3.4 Hauptversuche	43
3.4.1 Vanilleeiscreme mit Aspartam	43
3.4.2 Vanilleeiscreme mit Neohesperidin	45
3.5 Berechnung des Aufschlags	46
3.6 Sensorische Beurteilung	47
3.6.1 Hedonische Prüfung	47
3.6.2 Rangordnungsprüfung	49
3.6.3 Profilprüfung	50
3.7 Auswertung und statistische Ergebnisbetrachtung	52

4 Ergebnisse	57
4.1 Vorversuche	57
4.1.1 Erster Vorversuch	57
4.1.2 Weitere Vorversuche	59
4.1.3 Auswahl der Grundrezeptur	62
4.2 Durchführung der Hauptversuche	63
4.3 Aufschlag	64
4.4 Zusammensetzung und Brennwert	66
4.5 Sensorische Beurteilung	69
4.5.1 Hedonische Prüfung	69
4.5.2 Rangordnungsprüfung	79
4.5.3 Probenauswahl für die Profilprüfungen	83
4.5.4 Profilprüfung	84
4.6 Fragebogen	90
5 Diskussion	97
5.1 Vorversuche	97
5.2 Einfluss der Prüfpersonen auf die sensorische Beurteilung	98
5.3 Einfluss der Aromazusammensetzung auf die sensorischen Eigenschaften	100
5.4 Einfluss der Süßungsmittel	102
5.4.1 Sensorische Bewertung	102
5.4.2 Zusammensetzung	106
5.5 Schlussfolgerungen	108
6 Zusammenfassung	109
7 Literaturverzeichnis	110
8 Abbildungsverzeichnis	113
9 Tabellenverzeichnis	114
10 Formelverzeichnis	116
11 Anhang	117
Erklärung über die selbstständige Anfertigung der Arbeit	136

1 Einleitung

Viele Hersteller von Speiseeis setzen heutzutage nicht mehr nur auf natürliches Vanilleextrakt als Aroma für das Vanilleeis, sondern nutzen synthetisch hergestelltes Vanillin oder künstliche Aromastoffe. Dies wurde in einer Untersuchung von Stiftung Warentest (2009) kritisiert. Von 19 Herstellern setzten sieben neben Extrakt synthetisches Vanillin oder andere natürliche Aromen ein. Weitere zehn Produzenten gaben ihrem Eis, laut der Studie, zu wenig Vanilleextrakt zu, so dass keine gute Aromaqualität erreicht wurde. Extrakt sei das hochwertigste Aroma, andere verfälschten das Produkt nur (Stiftung Warentest (2009)). Dieser Meinung sind auch andere Autoren, wie Ziegler (1982). Daher behandelt die vorliegende Master-Thesis unter anderem den Einfluss der Aromazusammensetzung auf die sensorischen Eigenschaften von Vanilleiscreme.

Neben möglichst natürlichen Zutaten wünschen sich viele Verbraucher energiereduzierte Produkte. Dies kann zum Einen durch einen niedrigeren Fettgehalt erreicht werden. So bieten manche Speiseeishersteller fettreduziertes Vanilleeis an. Ein anderer Weg um den Energiegehalt zu senken, besteht darin, weniger Zucker zuzugeben. Der Einfluss des Zuckergehaltes auf sensorische Eigenschaften wurde in einigen Studien betrachtet, allerdings wurde meist nur der Gehalt an Saccharose verändert. In dieser Arbeit werden daher auch unterschiedliche Süßungsmittel in Vanilleiscremes eingesetzt.

Sowohl die Herstellung als auch die Bewertung der Produkte erfolgte in Zusammenarbeit mit der LUFA Nord-West in Oldenburg, einem Institut der niedersächsischen Landwirtschaftskammer. Sie beinhaltet das Institut für Lebensmittelqualität, in dem chemische, physikalische, mikrobiologische und sensorische Analysen durchgeführt werden. Zudem ist in einer Lehrmolkerei ein Technikum vorhanden, in dem die Eisvarianten hergestellt werden konnten.

Das Ziel der Arbeit ist es, Zusammenhänge zwischen sensorischen Eigenschaften, dem eingesetzten Süßungsmittel und der Aromazusammensetzung aufzuzeigen und so eine bei den Verbrauchern beliebte Vanilleiscreme herzustellen.

Neben der Verbraucherbefragung werden die Produkte auch mit objektiven sensorischen Methoden geprüft. So soll ein möglicher Zusammenhang zwischen den Ergebnissen der unterschiedlichen Prüfungen untersucht werden.

2 Stand der Wissenschaft und Technik

Da der Einfluss der Aromazusammensetzung und Süßungsmittel auf die sensorischen Eigenschaften von Vanilleeiscremes untersucht werden soll, wird zunächst auf Speiseeis allgemein, den unterschiedlichen Vanillearomen und möglichen Süßungsmitteln eingegangen. Desweiteren werden die sensorischen Aspekte angesprochen.

2.1 Speiseeis

Speiseeis gehört nicht nur in Deutschland zu den beliebtesten Süßwaren. Der Absatz stieg in den letzten Jahrzehnten fast weltweit an. In Deutschland lag der Pro-Kopf-Verbrauch 1960 noch bei durchschnittlich 1,5 l, bis 2009 stieg er auf 7,7 l pro Person und Jahr. Das entspricht einer bundesweiten Absatzmenge von 500 Millionen Litern.

Vor allem die Verzehrsmenge von industriell hergestelltem Speiseeis vergrößerte sich, der Anteil lag 2009 bei rund 80 % der gesamt verzehrten Eismenge. Der überwiegende Teil an Speiseeis wird nicht mehr in den klassischen Eiscafés verspeist, sondern zu Hause. Die Haushaltspackungen mit 0,5 l bis 2 l Speiseeis haben mit fast 50 % die größte Bedeutung bei abgepackt verkauftem Eis.

Die beliebteste Geschmacksrichtung der Deutschen ist Vanille, 2007 mit einem Marktanteil von knapp 20 %. Es folgen Schokolade und Erdbeere (Bund deutscher Süßwarenindustrie, 2011; Timm, 1985).

2.1.1 Rechtliche Aspekte

In der Bundesrepublik Deutschland werden zehn Arten von Speiseeis unterschieden:

- 1) Cremeeis: Cremeeis besteht zu mindestens 50 % aus Milch. Pro Liter Milch müssen mindestens 270 g Vollei oder 90 g Eigelb zugegeben werden. Zusätzliches Wasser darf nicht zugesetzt werden.
- 2) Fruchteis: In Fruchteis muss der Fruchtanteil mindestens 20 % betragen. Ausnahmen bilden Citrusfrüchte und andere saure Früchte, hier ist ein Anteil von 10 % ausreichend.
- 3) Rahmeis oder Sahneis: Diese Speiseeissorten enthalten mindestens 18 % Milchfett aus bei der Herstellung verwendetem Rahm oder Sahne.
- 4) Milcheis: Milcheis muss mindestens 70 % Milch enthalten.
- 5) Eiscreme: Eiscreme enthält mindestens zehn Prozent der Milch entstammendes Fett.
- 6) Fruchteiscreme: Fruchteiscreme besteht zu mindestens acht Prozent aus der Milch entstammendem Fett und hat einen deutlich wahrnehmbaren Fruchtgeschmack.

- 7) **Einfacheiscreme:** Einfacheiscreme muss mindestens drei Prozent der Milch entstammendes Fett enthalten.
- 8) **Eis mit Pflanzenfett:** Eis mit Pflanzenfett weist mindestens drei Prozent pflanzliches Fett auf. Handelt es sich um Speiseeis mit Früchten, muss der Fruchtgeschmack deutlich wahrnehmbar sein.
- 9) **Fruchtsorbet:** Der Fruchtanteil beträgt mindestens 25 %, bei Citrusfrüchten und anderen sauren Früchten sind 15 % ausreichend. Milch oder Milchbestandteile dürfen nicht zugesetzt werden.
- 10) **Wassereis:** In Wassereis muss der Trockenmassegehalt mindestens 12 % betragen. Er wird durch süßende und/ oder geschmacksgebende Zutaten erreicht.

Die ersten sieben Speiseeissorten dürfen nur aus der Milch stammendes Fett enthalten, pflanzliches Fett ist nicht zulässig.

Um verkehrsfähiges Speiseeis zu produzieren, müssen die Ansätze vor dem Gefrieren pasteurisiert werden. Nicht pasteurisierbare Zutaten wie Aromen dürfen nach der Hitzebehandlung zugegeben werden. Zudem müssen alle Speiseeissorten die Fett enthalten, Milch- oder pflanzliches Fett, homogenisiert werden (Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft, 2002).

2.1.2 Wichtige Bestandteile

Die wichtigsten Zutaten der meisten Speiseeissorten sind Fett, Proteine, Saccharose, Aromen, Zusatzstoffe, Wasser und Luft (King, 1994). So wird fetthaltiges Speiseeis gefroren zu einem Drei-Phasen-System (Abbildung 1):

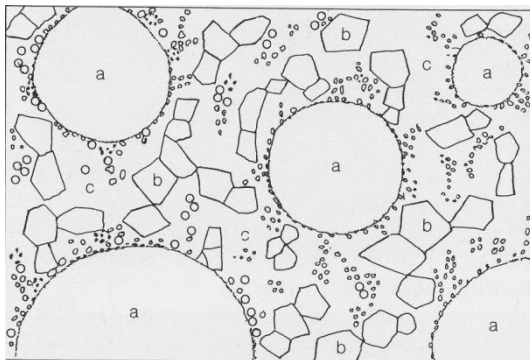


Abb. 1: Speiseeis als Drei-Phasen-System (Timm, 1985)

Luftbläschen (a) sind in einer teilweise gefrorenen kontinuierlichen Phase verteilt. Sie bilden die gasförmige Phase. Die kontinuierliche Phase besteht zu einem Teil aus Eiskristallen (b), einzelnen Fettkügelchen und Fettkügelchenaggregaten (c). Diese Festkörper sind in einer viskosen, flüssigen Phase dispergiert. Die nicht gefrorene Materie ist eine konzentrierte Lösung aus Zuckern, Mineralsalzen und Stabilisatoren.

So ist Speiseeis zum Einen eine Emulsion aus Wasser und Fett. Zum Anderen ist es durch die eingeschlagene Luft auch ein thermolabiler Schaum, der nur bei tiefen Temperaturen stabil ist. Durch dieses spezielle Drei-Phasen-System entsteht die pastenartige, cremige Konsistenz von Speiseeis (Timm, 1985).

Fett:

Es wird entweder Milchfett oder pflanzliches Fett eingesetzt, wobei der Gehalt üblicherweise bei mindestens zehn Prozent liegt (Roland u. a., 1999; Yilsay u. a., 2006). Der Vorteil von pflanzlichem Fett liegt darin, dass es um einiges günstiger ist. Milchfett ist allerdings ernährungsphysiologisch wertvoller. Zudem ist die vorherrschende Meinung, dass Eiscreme mit Milchfett auch von den sensorischen Eigenschaften her ein höherwertiges Produkt ist (Stiftung Warentest, 2009).

Fett, gleich welchen Ursprungs, ist in Speiseeis unter anderem für das Mundgefühl wichtig. Es bildet Fettkügelchen, die das Gefüge stabilisieren und für die typische Konsistenz sorgen (Timm, 1985). Da sie zwischen Eiskristallen verteilt sind, bilden sie eine mechanische Barriere gegen zu großes Eiskristallwachstum. So verhindern sie ein hartes, eisiges Mundgefühl (Stampanoni Koefflerli u. a., 1996). Desweiteren ist Fett ein Aromaträger für fettlösliche Aromastoffe und beeinflusst so auch den Geschmack (Timm, 1985).

In fettreduziertem oder fettfreiem Speiseeis wird meistens ein kohlenhydrat- oder proteinbasierter Fettersatz eingesetzt, zum Beispiel Molkenprotein. So sollen Viskosität, Schmelzverhalten und Mundgefühl an reguläres Eis angepasst werden (Yilsay u. a., 2006).

Fettfreie Milchtrockenmasse:

In aller Regel wird zum Eismix Milch- oder Molkenpulver zugegeben. Sie sind die wichtigsten Rohwaren für die fettfreie Milchtrockenmasse. Sie bestehen zu etwa 35 % aus Proteinen, zu 55 % aus Lactose und zu knapp zehn Prozent aus Mineralsalzen. Durch die Lactose und Salze wird vor allem der Gefrierpunkt abgesenkt und der Geschmack beeinflusst. Bei längerer Lagerung kann es außerdem zur Kristallisation der Lactose kommen. Dies führt zu einem sandigen Mundgefühl.

Die Proteine sind wichtig für die Konsistenz des Speiseeises. Beim Homogenisieren werden die Fettkügelchen mechanisch zerstört. Damit sie nicht wieder zusammenkleben, benötigen sie eine neue Membran. Diese wird aus den Proteinen aufgebaut. Daher sind die Milchproteine für eine stabile Emulsion notwendig.

Desweiteren verbessern sie das Gefüge, da die Luft beim Einschlagen feiner verteilt wird (Timm, 1985). So ändern sie auch die Schmelzeigenschaften vom Speiseeis (Stampanoni Koeferli u. a., 1996).

Süßungsmittel:

Speiseeis wird zum Süßen vor allem Saccharose und Glucosesirup zugegeben. Auf die Eigenschaften der verschiedenen Süßungsmittel wird im Kapitel 2.2 noch genauer eingegangen.

Durch die unterschiedlichen Zuckerarten wird der süße Geschmack im Eis hervorgerufen. Desweiteren wird der Feststoffanteil und damit auch die Viskosität erhöht. Dies führt zu einer verbesserten Textur (Schaller-Povolny, 1999).

Saccharose und Glucosesirup lösen sich in den flüssigen Bestandteilen des Eismixes. Da die Konzentration an gelösten Stoffen zunimmt, sinkt der Gefrierpunkt. Dies führt zum Einen zu einer längeren Gefrierzeit, zum Anderen zu einer weicheren Konsistenz des Speiseeises (Wegener, 1990).

Aromen:

Der entscheidende Faktor für die Qualität von Speiseeis ist für die Konsumenten der Genusswert. Dieser wird durch die Zugabe unterschiedlicher Aromen stark beeinflusst. Die größte Bedeutung haben dabei Aromastoffe für Vanillegeschmack (Wegener, 1990). Auf diese wird daher in Kapitel 2.3 noch genauer eingegangen.

Allgemein sind Aromen Erzeugnisse oder Mischungen, durch die Lebensmittel einen besonderen Geruch und/ oder Geschmack erhalten oder dieser verändert wird. Sie bestehen meist aus mehreren unterschiedlichen Aromastoffen. Dies sind definierte chemische Stoffe mit Aromaeigenschaften (Verordnung (EG) Nr. 1334/ 2008, idF v. 16.12.2008).

Früher wurden drei Gruppen unterschieden: Natürliche, naturidentische und künstliche Aromastoffe. Natürliche Aromastoffe werden durch enzymatische, mikrobiologische oder physikalische Verfahren aus tierischen oder pflanzlichen Ausgangsstoffen gewonnen. Die Stoffe kommen in der Natur vor. Beispielsweise werden Vanillin und weitere Aromastoffe aus der Vanillepflanze gewonnen.

Naturidentische Aromastoffe werden durch chemische Synthese gewonnen. Sie müssen mit einem Aromastoff, der natürlich vorkommt, chemisch identisch sein. So kann Vanillin auch aus Lignin gewonnen werden. Künstliche Aromastoffe werden ebenfalls mittels chemischer Synthese hergestellt, sie sind allerdings mit keinem natürlichen Aromastoff chemisch gleich (Wegener, 1990).

Aromaextrakte sind keine Aromastoffe, da sie nicht chemisch definiert sind. Sie werden aber ebenfalls durch geeignete physikalische, enzymatische oder mikrobiologische Verfahren aus pflanzlichen, tierischen oder mikrobiologischen Stoffen gewonnen (Verordnung (EG) Nr. 1334/2008, idF v. 16.12.2008).

Seit Inkrafttreten der Verordnung (EG) Nr. 1334/2008 (idF v. 16.12.2008) am 20. Januar 2011 wird nicht mehr zwischen naturidentischen und künstlichen Aromen unterschieden. Diese müssen immer als „Aroma“ deklariert werden.

Ein Aroma kann als „natürlich“ deklariert werden, wenn die aromatisierenden Bestandteile vollständig natürlichen Ursprungs sind, also aus natürlichen Aromastoffen und/ oder Aromaextrakten bestehen.

Der Hinweis auf ein bestimmtes Lebensmittel oder einen Ausgangsstoff ist möglich, wenn mindestens 95 % des Aromabestandteils aus diesem Stoff gewonnen wurde. Weitere natürliche Aromastoffe oder Extrakte dürfen nur zur Abrundung eingesetzt werden (Verordnung (EG) Nr. 1334/2008, idF v. 16.12.2008).

Zusatzstoffe:

Neben der Verwendung von Aromen ist auch der Einsatz von Emulgatoren und Stabilisatoren in Speiseeis üblich (Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft, 2002).

Als Emulgator werden meistens Mono- und Diglyceride von Speisefettsäuren verwendet. Sie stabilisieren im Eis die Emulsion aus Fett und Wasser. So bleibt das Speiseeis formstabil und die eingeschlagenen Luftbläschen können nicht entweichen. Desweiteren beeinflussen sie das Fettgerüst und sorgen für eine gleichmäßigere Luftverteilung. Viskosität und Konsistenz können so verändert werden, dass das gewünschte cremige und weiche Mundgefühl entsteht.

Stabilisatoren wie Johannisbrotkernmehl und Guarkernmehl quellen in Wasser und erhöhen die Viskosität und Festigkeit vom Speiseeis. Damit wird ebenfalls die Stabilität der Emulsion bewahrt, eingeschlagene Luft besser verteilt und Wachstum der Eiskristalle verhindert. Das Eis behält auch bei Temperaturschwankungen und längerer Lagerung seine Eigenschaften bei.

Den meisten Speiseeissorten werden Farbstoffe zugegeben, oft auch Vanilleeis. In der Regel wird dazu Betacarotin genutzt. Es ist ein färbendes Lebensmittel, das gelbe und orange Farbtöne erzeugt (Timm, 1985).

Wasser:

Wasser liegt im Speiseeis zum Teil fest als Eiskristalle und zum Teil in flüssiger Form vor. In der Lösung sind vor allem Saccharose, Glucosesirup und Stabilisatoren gelöst, wodurch sich der Gefrierpunkt so erniedrigt, dass das Wasser auch beim Tiefgefrieren flüssig bleibt (Timm, 1985). Ist der Wassergehalt hoch, wie in fett- oder zuckerreduzierten Produkten, bilden sich mehr und größere Eiskristalle. Das Speiseeis wird härter und schmilzt schneller (Roland u. a., 1999).

Luft:

Luft wird während des Gefrierens in den Eismix eingearbeitet. So kommt es zu einer Volumenzunahme und der typisch cremigen Konsistenz (Timm, 1985).

2.1.3 Industrielle Herstellung

Da für die Versuche dieser Studie Eiscreme hergestellt wird, wird dessen industrielle Produktion beispielhaft betrachtet. Die Abbildung 2 zeigt ein Ablaufdiagramm zur Herstellung von Vanilleeiscreme in Haushaltspackungen.

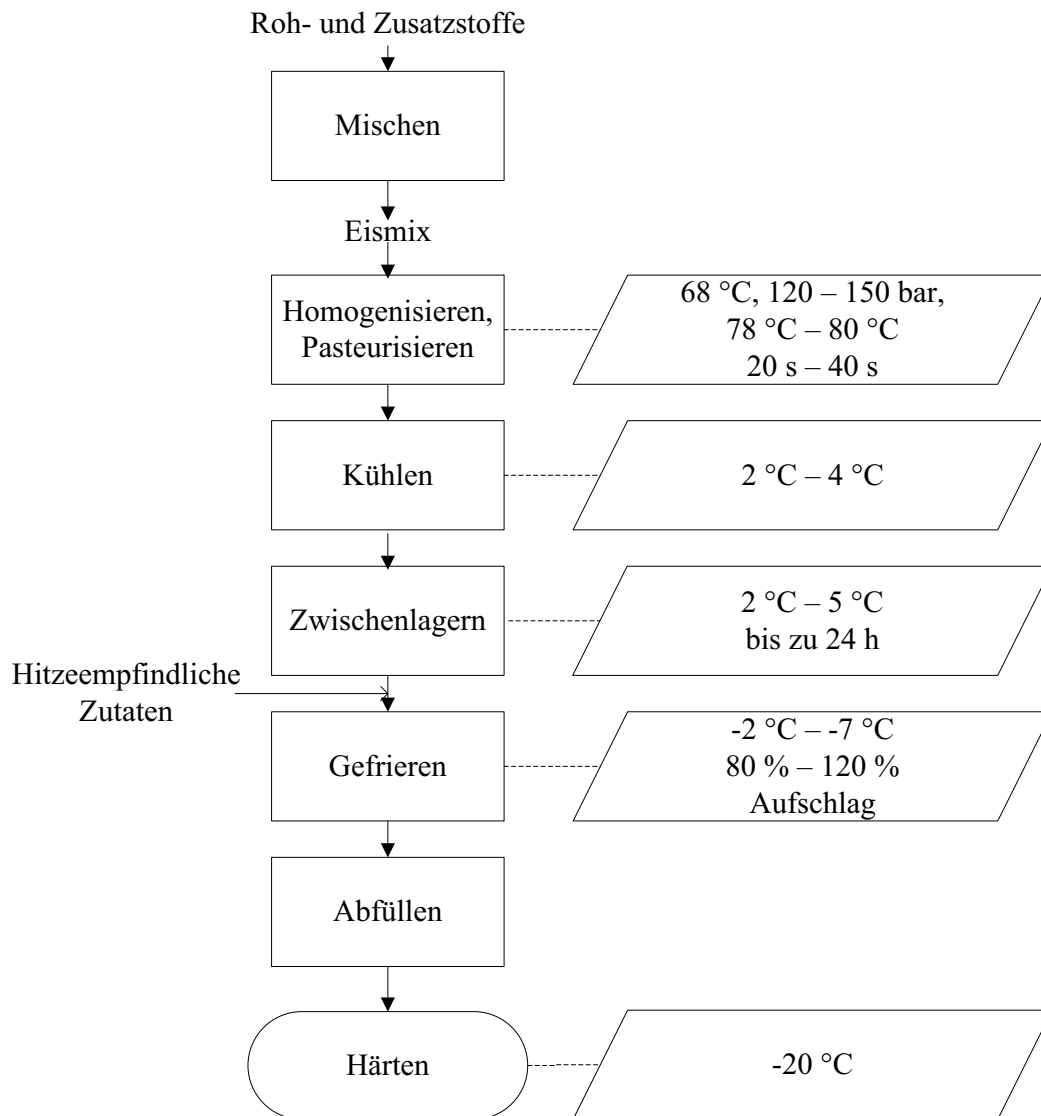


Abb. 2: Herstellung von Vanilleeiscreme (Timm, 1985; Wegener, 1990)

Die einzelnen Prozessschritte werden im Folgenden kurz erläutert:

Mischen:

Der erste Schritt besteht darin, alle Roh- und Zusatzstoffe zu vermischen. So wird der Eismix hergestellt, die Grundlage jedes Speiseeises. Nur hitzeempfindliche Rohstoffe werden später zugegeben.

Die flüssigen Rohwaren müssen zuerst vermisch werden, damit sich die trockenen Bestandteile in der Flüssigkeit lösen oder dispergieren können. Milch oder Wasser wird meist vorgewärmt, um die Lösungsgeschwindigkeit zu erhöhen (Timm, 1985).

Homogenisieren, Pasteurisieren und Kühlen:

In Deutschland ist das Pasteurisieren des Eismixes obligatorisch. Es werden pathogene Mikroorganismen abgetötet und unerwünschte Enzyme inaktiviert. In der Speiseeisindustrie wird meist die Kurzzeit-Hocherhitzung angewendet, 78 °C bis 80 °C für 20 s bis 40 s. So werden Hitzeschäden der Proteine und eine Geschmacksbeeinflussung durch Kochgeschmack der Milch verhindert.

Im Plattenwärmetauscher wird der Mix zuerst durch bereits pasteurisierten Mix im Gegenstrom auf etwa 68 °C erwärmt. Er verlässt dann den Erhitzer vorläufig und wird zur Homogenisiermaschine gepumpt. Mit hohem Druck (150 bar – 200 bar) wird der Mix durch enge, ringförmige Spalten gepresst. Durch Turbulenz, Scherkräfte und Reibung zerfallen die Fetttröpfchen in kleine Partikel mit Durchmesser unter 1 µm. In zweistufigen Homogenisiermaschinen wird das Fett ein zweites Mal, mit geringerem Druck, homogenisiert, so werden die Teilchen gleichmäßiger.

Durch die Verkleinerung des Volumens vergrößert sich die spezifische Oberfläche und das Aufrahmen wird verhindert. Außerdem wird der Geschmack durch die gleichmäßigere Verteilung im Mix vollmundiger.

Um neuerliches Zusammenklumpen der Partikel während der weiteren Verarbeitung zu verhindern, benötigen sie eine neue Membran. Dafür sorgen unter anderem die Proteine aus den Milcherzeugnissen. Auch die Emulgatoren wurden zugegeben, um das Koagulieren zu verhindern.

Nach dem Homogenisieren wird der Mix zum Plattenwärmetauscher zurückgeführt, auf 78 °C bis 80 °C erhitzt und 20 s bis 40 s heiß gehalten.

Neues Wachstum von Mikroorganismen wird verhindert, indem der Mix nach dem Pasteurisieren schnell wieder abgekühlt wird. Im ersten Schritt wird er dazu genutzt, nachfolgenden Eismix im Gegenstrom vorzuwärmen. Er wird dann mit Wasser und Eiswasser in zwei weiteren Schritten auf 2 °C bis 4 °C abgekühlt (Timm, 1985; Wegener, 1990).

Zwischenlagern:

Der Eismix wird bei zwei bis fünf Grad Celsius für bis zu 24 Stunden zwischengelagert, wodurch er reifen kann. Zum Einen verfestigt sich dabei ein Teil der Fetttröpfchen. Zum Anderen können die Stabilisatoren durch Quellen in der flüssigen Phase ihre volle Wirkung entfalten.

Erst nach dem Zwischenlagern werden die hitzeempfindlichen Zutaten zugegeben. Dies sind vor allem die Aromen. Die Konzentration an flüchtigen Aromastoffen würde während der Hitzewirkung zu sehr verändert werden (Timm 1985; Wegener, 1990).

Gefrieren:

Beim Gefrieren vom Eismix kommt es zur Umformung von einem flüssigen zum festen Produkt. Zusätzlich wird Luft eingeschlagen. Dies geschieht in einem Freezer, welcher meist kontinuierlich betrieben wird.

Der Freezer ist ein Röhrenschabewärmetauscher mit zwei Pumpen. Der wichtigste Teil ist ein Gefrierzylinder mit Doppelmantel. Er ist von einem Kältemittel, in der industriellen Herstellung meistens Ammoniak, umgeben. Im Zylinder rotiert eine Schlägerwelle, an der über die gesamte Länge Schabemesser angebracht sind.

Die erste Pumpe, die Mixpumpe, presst den flüssigen Eismix in den Gefrierzylinder. Durch den Wärmeaustausch mit dem Kältemittel fängt der Mix an der Innenwand zu gefrieren an, es bilden sich Eiskristalle. Der Eisfilm wird von den Schabemessern von der Wand abgeschabt. Während die Produkttemperatur absinkt, bilden sich weitere Eiskristalle. Die gelösten Stoffe konzentrieren sich in der flüssigen Phase auf. Diese Restlösung bleibt durch die Gefrierpunktserniedrigung flüssig.

Gleichzeitig wird gesondert zugeführte Luft durch die Bewegung der Messer in den Mix eingeschlagen. Es kommt zu einer Volumenvergrößerung, dem sogenannten Aufschlag. Dieser liegt in der Regel zwischen 80 % und 120 %.

So wird das Drei-Phasen-System Speiseeis aus festen Eiskristallen und Fettkügelchen, flüssiger Lösung und gasförmigen Luftbläschen gebildet (Abbildung 1). Das fertige Produkt verlässt den Freezer über die zweite Pumpe, die sogenannte Eiscremepumpe. Da sich das Volumen vergrößert hat, muss diese Pumpe entweder schneller laufen oder größer sein.

Das Speiseeis hat jetzt eine Temperatur zwischen -2 °C und -7 °C und eine Konsistenz vergleichbar mit Softeis (Timm, 1985; Wegener, 1990).

Abfüllen:

Industriell hergestellte Eiscreme gelangt vom Freezer über eine Verdrängerpumpe zur Abfülleinrichtung. Sie wird automatisch über Abfüllmaschinen in die passenden Verpackungen gefüllt. Bei Haushaltspackungen sind Taktzahlen von 40 bis 120 Packungen pro Minute üblich.

Je nach Sorte können auch Soßen oder Dekorationen wie Schokosplitter mit eingefüllt werden, bevor die Verpackung verschlossen wird (Timm, 1985).

Härten:

Um Eis lagerfähig zu machen, muss es auf Temperaturen von höchstens -20 °C gebracht werden. Bei Temperaturen näher am Gefrierpunkt nimmt die Geschwindigkeit vom Eiskristallwachstum zu und das Mundgefühl wird negativ verändert.

Es gibt verschiedene Härteeinrichtungen. Haushaltspackungen werden meist in einem Härtetunnel tiefgefroren. Die Abpackungen werden auf Platten gelegt, welche innerhalb von 30 bis 50 Minuten durch den Härtetunnel transportiert werden und dabei abkühlen. Im Tunnel sind Rohrbündel verlegt, durch die Ammoniak als Kältemittel zirkuliert. Durch den Wärmeaustausch liegt die Kerntemperatur der Produkte am Ende bei maximal -20 °C . So ist das Speiseeis lager- und transportfähig.

Nach Austritt aus der Härteeinrichtung wird das Eis in Kartons verpackt oder palettiert und bis zum Vertrieb in einem Tiefkühlraum gelagert. Um die idealen Produkttemperaturen zu halten, sollten hier Raumtemperaturen zwischen -28 °C und -32 °C herrschen (Timm, 1985).

2.1.4 Ernährungsphysiologische Bedeutung

Speiseeis ist als Dessert oder Zwischenmahlzeit sehr beliebt, enthält aber in aller Regel Fett und Zucker. Bei 19 getesteten Eiscremes und Eis mit Pflanzenfett lag der Fettgehalt, einschließlich fettreduzierten Sorten, zwischen 4,6 % und 17,3 %. Im Mittel betrug er 10,7 %. Desweiteren enthielten sie zwischen 15 % und 27 % Zuckerstoffe, bestehend aus Saccharose und Glucosesirup. Der Mittelwert lag bei knapp 24 %. Der Energiegehalt der getesteten Sorten lag im Mittel bei 205 kcal/ 100 g Speiseeis (Stiftung Warentest, 2009).

Als Portionsgröße für Eiscreme werden 100 ml angegeben. Da so von einem bestimmten Volumen und nicht vom Gewicht ausgegangen wird, hat auch die eingeschlagene Menge an Luft indirekt Einfluss auf die Deklaration des Energiegehaltes. Bei einem Aufschlag von 100 % wurde das Volumen durch Lufteinschlag verdoppelt. So liegt der Brennwert bei etwa 100 kcal/ 100 ml Eis.

Der tägliche Energiebedarf bei durchschnittlicher körperlicher Anstrengung liegt für Frauen zwischen 25 und 50 Jahren bei 2.100 kcal und für Männer bei rund 2.800 kcal (Biesalski u. a., 2004). So deckt eine Portion Speiseeis 4,8, bzw. 3,6 % des Tagesbedarfs.

Speiseeis hat im Vergleich zu anderen Desserts einen niedrigeren Brennwert. Beispielsweise enthält Schokoladenpudding mit Vollmilch 205 kcal/ 100 g (Elmadfa u. a., 2005).

Beim Vergleich von Eiscreme und Eis mit Pflanzenfett wird deutlich, dass Eiscreme durch die Milchbestandteile ernährungsphysiologisch wertvoller ist. Milcheiweiß enthält essentielle Aminosäuren wie Lysin. Die eingesetzten Milchprodukte enthalten auch verschiedene Vitamine und Mineralstoffe, zum Beispiel Calcium. Zudem ist Milchfett für den Menschen leichter verdaulich als Pflanzenfett (Baltes, 2000; Timm, 1985).

Für Eis mit Pflanzenfett wird in der Regel Palmkernfett eingesetzt. Dieses wird vor der Verarbeitung meistens gehärtet, sodass die Schmelztemperatur steigt. Auch wenn der Prozess der Fetthärtung in den letzten Jahren verbessert werden konnte, kann dabei noch ein kleiner Anteil trans-Fettsäuren gebildet werden. Durch diese Fettsäuren kann unter anderem der Cholesterinspiegel ansteigen. Dies setzt das Risiko für Herz-Kreislauferkrankungen herauf (Baltes, 2000).

Unabhängig davon, welches Fett im Speiseeis eingesetzt wird, enthalten die meisten Produkte, außer speziellen Eissorten mit Zuckeralkoholen oder Fructose, einen hohen Anteil an Saccharose. Diese wird im Mund mikrobiell zu Milchsäure abgebaut und trägt so zur Entstehung von Karies bei (Timm, 1985).

In Deutschland ist heute über 50 % der Bevölkerung übergewichtig oder adipös. Es wird mit der Ernährung mehr Energie zugeführt als verbraucht wird. Dies liegt hauptsächlich an den veränderten Ernährungsgewohnheiten: Der Anteil an Fett an der Energiezufuhr liegt etwa 20 % über den Empfehlungen. Der Kohlenhydratanteil in der Ernährung ist zu gering, besonders kritisch ist aber, dass circa die Hälfte der aufgenommenen Kohlenhydrate Mono- und Disaccharide sind. Alleine Saccharose macht mehr als ein Drittel der Kohlenhydratzufuhr aus (Biesalski u. a., 2004; Max Rubner-Institut, 2008).

Allerdings ist in den letzten Jahren auch ein gestiegenes Gesundheitsbewusstsein in Bezug auf die Ernährung zu erkennen. So achten immer mehr Menschen darauf, wie viel Energie und Zucker sie mit ihrer Nahrung aufnehmen. Vor allem in den 1990er Jahren stieg der Verzehr von energieärmeren Lebensmitteln stark an. Auch wenn diese light-Produkte heute kein neuer Trend mehr sind und der Absatz nur noch wenig zunimmt, ist die Entwicklung beispielsweise beim Speiseeis an den fettreduzierten oder fettfreien Sorten am Markt zu sehen (Hayn u. a., 2005).

Auf einen verminderten Brennwert darf allerdings nur hingewiesen werden, wenn dieser mindestens 30 % niedriger ist als in vergleichbaren herkömmlichen Produkten (Verordnung (EG) Nr. 1924/ 2006, idF v. 20.12.2006).

2.2 Saccharose und andere Süßungsmittel

Saccharose, allgemein Haushaltszucker genannt, ist das wichtigste Süßungsmittel der Nahrungsmittelindustrie und auch für die Herstellung von Speiseeis (Timm, 1985; Baltes, 2000). Aber es sind noch wesentlich mehr süßende Stoffe bekannt, die alle mehr oder weniger oft in Lebensmitteln eingesetzt werden. Allen Süßungsmitteln ist gemein, dass sie den Produkten vor allem zugesetzt werden, um einen süßen Geschmack zu erzeugen.

Abbildung 3 gibt eine Übersicht über einige Süßungsmittel:

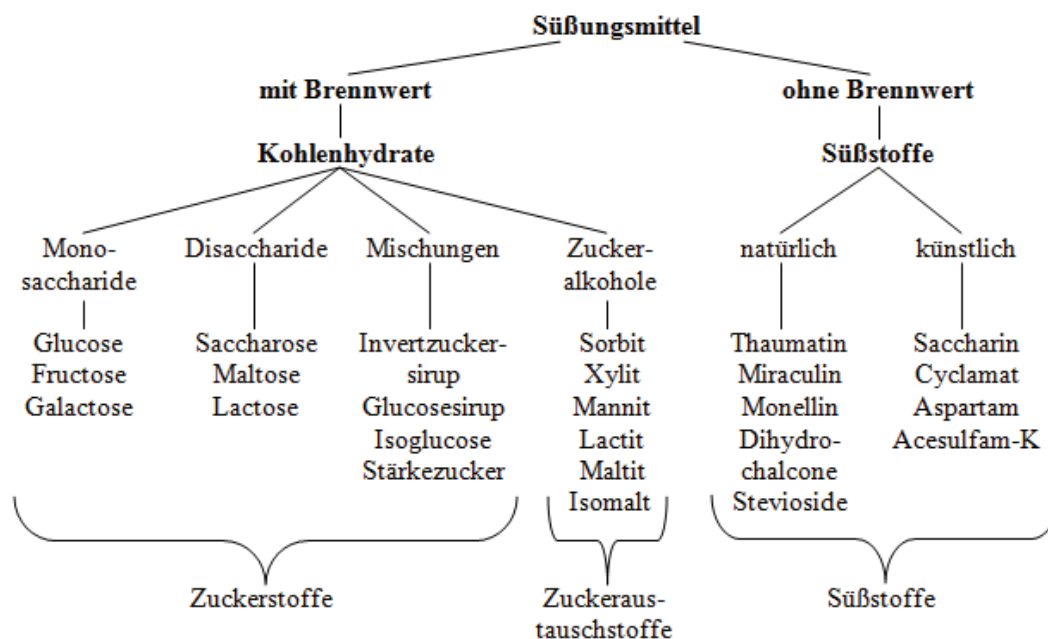


Abb. 3: Übersicht über Süßungsmittel (Rosenplenter u. a., 2007)

Die Kohlenhydrate werden vom menschlichen Körper aufgenommen, abgebaut und liefern Energie, daher haben sie einen Brennwert. Im Gegensatz dazu werden Süßstoffe in aller Regel unverdaut ausgeschieden.

Die Zuckerstoffe haben einen Brennwert von 4,1 kcal/ g. Zuckeralkohole werden langsamer und unvollständig resorbiert, also nicht komplett vom Körper aufgenommen. Ihr Brennwert ist daher geringer und liegt zwischen 2,0 und 3,6 kcal/ g (Rosenplenter u. a., 2007).

Zuckerstoffe:

Die Zuckerstoffe werden in Monosaccharide, Disaccharide und Mischungen dergleichen unterteilt. Von den Monosacchariden wird vor allem Fructose als Süßungsmittel eingesetzt. Es wurde hauptsächlich in den früher verkauften Diabetikerprodukten verwendet, da es den Blut-Glucosespiegel während der Verdauung nicht anhebt. 2010 wurde die Diätverordnung geändert,

sodass heute keine Lebensmittel mehr speziell für Diabetiker angeboten werden. Dadurch ist auch die Bedeutung von Fructose als Süßungsmittel zurückgegangen.

Ein Disaccharid ist aus zwei Monosacchariden aufgebaut. Saccharose besteht aus Fructose und Glucose. Die Bausteine sind über eine glykosidische Bindung miteinander verknüpft. Nach dem Verzehr wird Saccharose wieder in die Monosaccharide aufgespalten. Sie ist in Wasser sehr leicht löslich und senkt dabei den Gefrierpunkt der Lösung um 1,86 °C pro mol Saccharose und Liter Wasser ab (Rosenplenter u. a., 2007).

Viele Verbraucher sind der Meinung, dass der Verzehr von Saccharose gesundheitliche Risiken wie Übergewicht oder Vitaminmangel birgt. Bewiesen ist nur, dass dadurch Zahnkaries verursacht werden kann. Für weitere Krankheiten gibt es keine Nachweise. Die Bildung von Übergewicht ist abhängig von der gesamten Aufnahmemenge aller Nährstoffe, also Kohlenhydraten, Proteinen und Fett (Biesalski u. a., 2004).

Trotzdem versuchen die Produzenten von Lebensmitteln den Zuckergehalt ihrer Produkte zu senken oder andere Süßungsmittel zu verwenden. Dazu gehört auch Glucosesirup, der ebenfalls in fast allen Speiseeissorten enthalten ist. Er wird durch partielle Hydrolyse von Stärke hergestellt. Je nach Grad des Stärkeabbaus ist Glucosesirup anders zusammengesetzt. Um dies auszudrücken wird der Verzuckerungsgrad oder DE-Wert (Dextroseäquivalent) angegeben. Je höher der DE-Wert ist, desto höher ist der Gehalt an Glucose, desto mehr Stärke wurde abgebaut und desto süßer schmeckt der Glucosesirup. Die Süßkraft beträgt bis zu zwei Drittel der von Saccharose. Bei einem DE-Wert im normalen Bereich, 38 bis 48 DE, liegt die Süßkraft bei 0,38 (Saccharose = 1).

Der Sirup wird hauptsächlich eingesetzt, um den Trockensubstanzgehalt und die Viskosität von Lebensmitteln zu erhöhen. Außerdem verhindert oder verzögert Glucosesirup die Kristallisation einzelner Zuckerstoffe. In Eiscreme ist dies vor allem Lactose (Rosenplenter u. a., 2007).

Allerdings schmeckt Glucosesirup nicht rein süß, sondern hat einen faden, metallischen Beigeschmack. Somit ist die Menge an Saccharose, die durch den Sirup ersetzt werden kann, begrenzt. Bis zu 25 % des Zuckeranteils können ohne nachteilige Wirkungen von Glucosesirup kommen (Timm, 1985).

Laut der Zuckerartenverordnung darf nur gereinigte und kristallisierte Saccharose als „Zucker“ bezeichnet werden. Eine andere Zuckerart ist beispielsweise der Glucosesirup (Zuckerartenverordnung, idF v. 23.10.2003).

Die Verordnung (EG) Nr. 1924/ 2006 (idF v. 20.12.2006) regelt nährwert- und gesundheitsbezogene Angaben über Lebensmittel. Als „zuckerarm“ darf ein Produkt deklariert werden, wenn es weniger als 5 g Zucker/ 100 g, bzw. 2,5 g Zucker/ 100 ml enthält. Mit „zuckerfrei“ dürfen Le-

bensmittel beworben werden, wenn sie weniger als 0,5 g Zucker pro 100 g, bzw. 100 ml enthalten. Die Kennzeichnung „Ohne Zuckerzusatz“ bedeutet, dass keinerlei Mono- oder Disaccharide oder andere Lebensmittel wegen ihrer süßenden Wirkung eingesetzt wurden (Verordnung (EG) Nr. 1924/ 2006, idF v. 20.12.2006).

Zuckeraustauschstoffe:

Zuckeralkohole sind keine Zucker, sie werden als Zuckeraustauschstoffe bezeichnet. Sie entstehen durch Reduktion von Monosacchariden und enthalten eine oder mehrere Hydroxy-Gruppen. Wegen dieser OH-Gruppen werden sie als Alkohole bezeichnet (Falbe u. a., 1992).

Für Speiseeis sind in Deutschland die Zuckeralkohole Sorbit, Sorbitsirup, Mannit, Isomalt, Maltit, Maltitsirup, Lactit und Xylit zugelassen. Eine direkte Mengengrenzung gibt es nicht, es darf so viel zugegeben werden, wie technologisch notwendig ist (Verordnung über die Zulassung von Zusatzstoffen zu Lebensmitteln zu technologischen Zwecken, idF v. 30.9.2008).

Die Süßkraft der Zuckeralkohole unterscheidet sich stark, liegt aber meistens unter der von Saccharose. Die von Lactit liegt bei etwa 0,4 (Saccharose = 1), während Xylit fast genauso süß ist wie der Haushaltszucker.

Das Einsatzgebiet der Zuckeralkohole liegt vor allem in zuckerfreien oder energiereduzierten Produkten, unter anderem auch Speiseeis. Sorbit spielte eine größere Rolle in Lebensmitteln für Diabetiker, da es den Blut-Glucosespiegel ebenfalls nicht anhebt. Diese speziellen Produkte werden seit der Änderung der Diätverordnung allerdings nicht mehr vermarktet.

Zuckeralkohole verursachen keine Karies. Sie werden nach dem Verzehr nur sehr langsam und unvollständig vom Verdauungstrakt resorbiert. Daraus ergibt sich der niedrigere Brennwert. Sie können allerdings bei übermäßigem Verzehr Durchfall hervorrufen.

Beim Einsatz von Zuckeralkoholen als Süßungsmittel ist außerdem zu beachten, dass diese zum Teil Fremdgeschmäcker oder einen unangenehmen Nachgeschmack hervorrufen. Um eine ausreichende Süße ohne unangenehmen Beigeschmack zu erzeugen, können die Zuckeralkohole mit Süßstoffen aufgesüßt werden (Rosenplenter u. a., 2007).

Süßstoffe:

Süßstoffe gehören zu den Zusatzstoffen. Die in Deutschland für Speiseeis zugelassenen Mittel und ihre Süßkraft zeigt die Tabelle 1. Die Süßkraft von Saccharose wurde als 1 festgelegt, andere Süßungsmittel werden darauf bezogen. Die Süßkraft ist teilweise abhängig von der Konzentration und dem zu süßenden Produkt und schwankt daher in gewissen Bereichen.

Tab. 1: Für Speiseeis zugelassene Süßstoffe (Verordnung über die Zulassung von Zusatzstoffen zu Lebensmitteln zu technologischen Zwecken, idF v. 30.9.2008; Rosenplenter u. a., 2007)

Süßstoff	Höchstmenge [mg/ l]	Süßkraft (Saccharose = 1)
Acesulfam K	800	130 – 200
Aspartam	800	150 – 200
Aspartam-Acesulfamsalz	800	nicht angegeben
Sucralose	320	600
Saccharin	100	200 – 700
Neohesperidin	50	900
Thaumatococcus	50	3.000
Neotam	26	nicht angegeben

Abgesehen von Aspartam werden die Süßstoffe nicht vom Körper aufgenommen und verdaut. Da sie unverändert wieder ausgeschieden werden, haben sie für den Körper keinen Energiegehalt. Aspartam ist ein Dipeptid und wird nach dem Verzehr abgebaut, der physiologische Brennwert liegt bei 4 kcal/ g. Da Süßstoffe aber nur in sehr geringen Mengen zugegeben werden, kann die energetische Wirkung vernachlässigt werden. Die Süßungsmittel tragen so dazu bei, den Energiegehalt der gesüßten Lebensmittel zu senken.

Ihre Süßkraft ist ein Vielfaches höher als die von Saccharose. Allerdings haben einige Süßstoffe, wie Saccharin und Acesulfam K, einen metallischen oder bitteren Beigeschmack oder es entsteht nach dem Verzehr ein unerwünschter Nachgeschmack. Dies kann die sensorischen Eigenschaften eines Lebensmittels stark verändern.

Bei Thaumatococcus, der süßesten natürlich vorkommenden Substanz, setzt der süße Geschmack erst verzögert, aber nachhaltig, ein. Es setzt die Geschmacksschwellenwerte einiger Aromastoffe herab, sodass der Süßstoff eine aromaverstärkende Wirkung haben kann. Dies muss beim Einsatz von Thaumatococcus zusammen mit bestimmten Aromen berücksichtigt werden.

Neohesperidin ist ein neuerer, synthetischer Süßstoff. Er hat etwa die 900fache Süßkraft von Saccharose. Allerdings wird durch Neohesperidin ein unangenehmer Nachgeschmack im Lebensmittel erzeugt. Daher wird es fast ausschließlich in Kombination mit anderen Süßstoffen verwendet. Durch synergistische Wirkungen kann so das Süßprofil verbessert werden.

Aspartam hat einen relativ reinen Geschmack. Der Süßstoff ist im Geschmack nicht von Saccharose zu unterscheiden und es entsteht kein Nachgeschmack. Auch Aspartam hat geschmacksver-

stärkende Eigenschaften. Durch die hohe Süßkraft brauchen keine weiteren Süßungsmittel eingesetzt werden, sodass 30 % bis 40 % der Energie eingespart werden können.

Aspartam besteht aus den Aminosäuren Asparaginsäure und Phenylalanin. In diese wird der Süßstoff während der Verdauung wieder aufgespalten. Daher darf er von Personen, die an Phenylketonurie leiden, nicht verzehrt werden. In diesem Fall wird Phenylalanin nicht weiter abgebaut und lagert sich im Körper an. Daher muss Aspartam als Phenylalanin-Quelle gekennzeichnet werden.

Bisher sind Erfrischungsgetränke das wichtigste Einsatzgebiet für Süßstoffe (Rosenplenter u. a., 2007).

2.3 Vanille und Vanillearomen

Vanille ist mit rund zwanzig Prozent die erfolgreichste Geschmacksrichtung bei Speiseeis (Bund deutscher Süßwarenindustrie, 2011).

Die Vanillepflanze ist eine Orchidee, die ursprünglich nur in Mexiko heimisch war. Am bekanntesten ist Bourbon-Vanille, welche ausschließlich auf den Bourbon-Inseln angebaut werden darf. Zu dieser Inselgruppe gehört auch Madagaskar, das heutige Hauptanbaugebiet für Vanille.

Das Aroma ist in Kapseln enthalten, welche oft als Schoten bezeichnet werden (Wegener, 1990). Sie werden unreif geerntet und erhalten erst durch Fermentation und Trocknung ihr typisches Aroma. Dazu werden die Kapseln zuerst für zwei bis drei Minuten in heißes Wasser gelegt. So wird das Enzym Diastase aktiviert. Sie werden dann über Nacht in Holzkisten verpackt und am Tag in der Sonne ausgelegt. Dies wird bis zu acht Tage lang wiederholt, bis die Kapseln eine braun-schwarze Farbe angenommen haben. Anschließend werden sie über zwei bis drei Monate an der Luft getrocknet, wobei sie 80 % ihrer Feuchtigkeit verlieren. So wird die Bildung von Schimmel verhindert. Im letzten Schritt werden die Kapseln für einen weiteren Monat in geschlossenen Behältern aufbewahrt. Hier kommt es zur Aromaausbildung, unter anderem entsteht durch enzymatische Spaltung aus dem geruchlosen Glucovanillin Glucose und Vanillin.

Vanillin (4-Hydroxy-3-methoxy-benzaldehyd) ist die Hauptaromakomponente der Vanillekapseln. In Bourbon-Vanille liegt der Gehalt zwischen zwei und drei Prozent, in anderen Sorten, wie die günstigere Tahiti-Vanille, zwischen einem und zwei Prozent. Die Strukturformel wird in Abbildung 4 gezeigt.

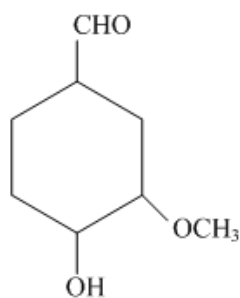


Abb. 4: Strukturformel von Vanillin (Falbe u. a., 1992)

In der Vanillekapsel sind noch etwa 170 weitere Aromakomponenten vorhanden, wie Vanillylalkohol und p-Hydroxybenzaldehyd. Diese Spurenbestandteile runden das Aroma ab und sind je nach Anbaugbiet und Sorte in unterschiedlichen Anteilen in der Pflanze vorhanden.

Um das Aroma in Lebensmitteln einsetzen zu können, wird es aus den fermentierten und getrockneten Kapseln extrahiert. Als Lösungsmittel wird in der Regel Ethylalkohol eingesetzt.

Allerdings ist das gewonnene Vanilleextrakt teuer. Daher wird es oft mit günstigerem synthetischem, also künstlich erzeugtem, Vanillin gemischt oder ganz ersetzt. Dieser Aromastoff ist chemisch gleich mit dem Vanillin in der Vanillekapsel, er ist naturidentisch. Gewonnen wird synthetisches Vanillin aus Lignin. Ob es sich um natürliches oder synthetisches Vanillin handelt, kann mit Hilfe von chromatographischen Methoden untersucht werden.

Synthetisches Vanillin ist auch der Hauptbestandteil naturidentischer oder künstlicher Vanilleessenzen. Es müssen aber noch weitere Aromastoffe zugesetzt werden, um dem Aroma von Vanilleextrakten nahe zu kommen. Das natürliche Vanillearoma aus den Kapseln wird auch durch die vielen Spurenbestandteile beeinflusst. Dieser Geschmackseindruck kann nicht genau kopiert werden (Ziegler, 1982).

Stattdessen ist es durch Mischung von natürlichen und künstlichen Aromastoffen möglich, die sensorische Wirkung zu verändern und unterschiedliche Variationen der Vanillearomen zu erzeugen. So können mehrere Produkte unterschiedliche sensorische Eigenschaften aufweisen, auch wenn in allen die gleiche Konzentration an Vanillin enthalten ist (Parker u. a., 2005).

Der Aromastoff Ethylvanillin (3-Ethoxy-4-hydroxybenzaldehyd) hat ebenfalls vanilleartige Geschmackseigenschaften. Abbildung 5 zeigt die Strukturformel, welche leicht von Vanillin (Abbildung 4) abweicht.

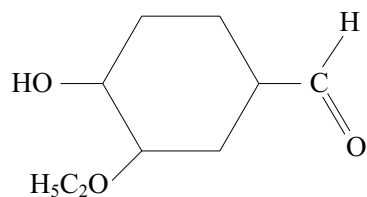


Abb. 5: Strukturformel von Ethylvanillin (Falbe u. a., 1992)

Er gehört zu den künstlichen Aromastoffen, kommt also nicht natürlich vor. Diese sind günstiger herzustellen als naturidentische Verbindungen. Zudem hat Ethylvanillin ein zweimal so intensives Aroma wie Vanillin. Er wird in künstlichen Aromen mit Vanillegeschmack eingesetzt (Baltes, 2000).

2.4 Einflüsse auf die sensorischen Eigenschaften von Vanilleeis

Vanilleeis gehört in Deutschland zu den beliebtesten Desserts. Auch wenn sich immer mehr Verbraucher gesünder ernähren möchten und auf den Energiegehalt achten, ist bei Speiseeis nach wie vor ein guter Geschmack das wichtigste Kriterium (Roland u. a., 1999).

Alle Inhaltsstoffe und Verarbeitungsschritte können Einfluss auf die sensorischen Eigenschaften von Speiseeis haben. Im Folgenden wird nur auf die wichtigsten Punkte eingegangen.

Fettgehalt:

Viele Studien haben belegt, dass der Fettgehalt signifikanten Einfluss auf die Eigenschaften und die Beliebtheit von Speiseeis hat. Trotz des Wunsches nach energiereduzierten Lebensmitteln werden der Geschmack und das Mundgefühl von fettfreiem Eis meist nicht akzeptiert.

Von Guinard u. a. (1996) wurden Vanilleeis mit 8,7 % bis 19,3 % Fett verglichen und von Guinard u. a. (1997) Eis mit 10 % bis 18 % Butterfett. Bei weiteren Untersuchungen wurde fettreduziertes oder fettfreies Eis mit konventionellem Speiseeis verglichen. Hier lagen die Bereiche zwischen 0,1 % und 12 % Fett. Alle Untersuchungen belegen, dass durch einen höheren Gehalt eine größere Gesamtbliebtheit erreicht wird (Li u. a., 1997; Roland u. a., 1999; Yilsay u. a., 2006).

Fett beeinflusst die Textur und somit auch das Mundgefühl, da die Fettkügelchen die typische Struktur vom Speiseeis bilden (Li u. a., 1997; Stampanoni Koeferli u. a., 1996; Timm, 1985; Wegener, 1990; Yilsay u. a., 2006).

Dieses Fettgerüst behindert mechanisch das Wachstum der Eiskristalle. Es entstehen weniger und kleinere Eiskristalle, die Kälte durch das Eis wird im Mund weniger wahrgenommen. Ein eisiges Mundgefühl ist bei den Verbrauchern unerwünscht (Guinard u. a., 1997; Roland u. a., 1999; Specter u. a., 1994; Stampanoni Koeflerli u. a., 1996).

Zudem führt ein höherer Fettgehalt zu einer sahnigeren und cremigeren Textur und zu einem fettigeren Mundgefühl. Dies wird in Eiscreme erwartet und die Verbraucherakzeptanz korreliert positiv mit diesen Sinneseindrücken (Guinard u. a., 1997; Timm, 1985).

Desweiteren hat der Fettgehalt Einfluss auf die Schmelzrate vom Speiseeis. Fett verlangsamt den Wärmetransport durch das Eis. Dadurch schmilzt Speiseeis bei einer höheren Konzentration langsamer (Guinard u. a., 1997; Roland u. a., 1999; Stampanoni Koeflerli u. a., 1996; Yilsay u. a., 2006).

Auch das Aussehen beeinflusst der Fettgehalt. Eis mit einem hohen Fettgehalt ist heller als fettreduziertes Eis. Dieses Aussehen ist bei den Konsumenten von Vanilleeis beliebter (Guinard u. a., 1997; Roland u. a., 1999; Yilsay u. a., 2006).

Der Geschmack wird ebenfalls durch den Fettgehalt beeinflusst. Ist der Gehalt in Vanilleeis höher, wird der Geschmack vor allem als vollmundiger, butteriger und cremiger beschrieben. Außerdem ist ein stärkerer Milchgeschmack vorhanden. Diese Geschmacksrichtungen werden von den Verbrauchern alle positiv bewertet (Guinard u. a., 1997; Li u. a., 1997; Roland u. a., 1999; Stampanoni Koeflerli u. a., 1996; Timm, 1985; Wegener, 1990; Yilsay u. a., 2006).

Da die meisten Aromastoffe fettlöslich sind, dient Fett im Speiseeis als Aromaträger. Ein höherer Gehalt führt somit zu einer größeren Aromafülle (Timm, 1985; Wegener, 1990). Die Süße vom Eis wird dagegen nicht beeinflusst (Li u. a., 1997; Roland u. a., 1999; Stampanoni Koeflerli u. a., 1996; Yilsay u. a., 2006).

Ein zu hoher Gehalt an Glucosesirup im Vanilleeis kann zu unerwünschtem Beigeschmack führen. Dies wird durch einen höheren Fettgehalt maskiert (Roland u. a., 1999).

Süßungsmittel:

Nur der Gehalt an Süßungsmitteln hat einen noch größeren Einfluss auf die sensorischen Eigenschaften und die Beliebtheit von Speiseeis als der Fettgehalt. Allgemein sorgt ein höherer Gehalt für eine höhere Qualität, sowohl in Bezug auf den Geschmack, als auch bei Textur und Mundgefühl (Guinard u. a., 1996; Guinard u. a., 1997; Specter u. a., 1994; Stampanoni Koeflerli u. a., 1996; Stokols u. a., 2006).

Guinard u. a. führten 1996 und 1997 Untersuchungen mit Vanilleeis durch. Sie variierten die Zugabe von Saccharose zwischen 8 % und 19 %. Die höchste Verbraucherakzeptanz hatte Vanil-

leis, je nach Literaturquelle, mit 13,5 % bis 19 % (Guinard u. a., 1996; Guinard u. a., 1997; Rosenplenter u. a., 2007).

Werden mehr Zuckerstoffe zum Eismix zugegeben, erhöht sich der Feststoffanteil. So wird die wässrige Lösung aufkonzentriert und der Gefrierpunkt wird erniedrigt. Bei gleicher Temperatur ist so weniger Wasser gefroren. Daher ist das Eis weicher als zuckerreduziertes Speiseeis. Hartes Eis ist bei den Verbrauchern eher unbeliebt (Guinard u. a., 1997; Rosenplenter u. a., 2007; Schaller-Povolny u. a., 1999; Specter u. a., 1994; Stampanoni Koeferli u. a., 1996).

Desweiteren bilden sich bei einer höheren Konzentration an Zuckerstoffen kleinere Eiskristalle (Rosenplenter u. a., 2007; Specter u. a., 1994). Ab einer Größe von 50 µm sind die Kristalle im Mund einzeln wahrnehmbar. Dies führt zu einer eisigen und kristallinen Konsistenz. Wie auf der vorherigen Seite bereits beschrieben, ist ein weiches Eis mit cremigem Mundgefühl beliebter. Die Eiskristalle dürfen im Mund nicht wahrnehmbar sein (Timm, 1985).

Es überrascht nicht, dass ein höherer Gehalt an Süßungsmitteln zu einem süßeren Speiseeis führt. Saccharose führt auch zu einer Aromaverstärkung. In Vanilleeis werden Karamell-, Mandel-, Butter- und Vanillearomen bei einem höheren Gehalt deutlicher wahrgenommen (Guinard u. a., 1997; Rosenplenter u. a., 2007; Stampanoni Koeferli u. a., 1996; Wegener, 1990).

Vor allem beim Vanillearoma ist allerdings unklar, ob wirklich die Wirkung der Aromastoffe verstärkt wird. Für viele Menschen besteht eine kausale Beziehung zwischen Vanille und Süße, sie können die Attribute nur schwer unterscheiden (Guinard u. a., 1997; Schaller-Povolny u. a., 1999).

Saccharose verstärkt die Aromen von Vanilleeis nicht generell, sondern nur einzelne Komponenten. Der milchige Geschmack von Eiscreme wird durch einen höheren Gehalt reduziert (Guinard u. a., 1997; Stampanoni Koeferli u. a., 1996).

Ein Teil Saccharose wird in Vanilleeis häufig durch Glucosesirup ersetzt. Dies hat vor allem Einfluss auf die Textur. Auch durch diesen Zuckerstoff wird der Feststoffanteil erhöht und der Gefrierpunkt erniedrigt. So wird weiterhin eine weiche und geschmeidige Konsistenz erreicht (Rosenplenter u. a., 2007; Schaller-Povolny u. a., 1999; Wegener, 1990).

Bei Eiscreme mit hohem Milchanteil kann es dazu kommen, dass die in der Milch enthaltene Lactose kristallisiert. Dies erzeugt, ähnlich wie zu große Eiskristalle, ein unangenehmes, sandiges Mundgefühl. Der Zusatz von Glucosesirup verhindert das Auskristallisieren (Rosenplenter u. a., 2007; Timm, 1985; Wegener, 1990).

Glucosesirup hat eine geringere Süße als Saccharose. Dies bedeutet, dass Eis mit einer höheren Konzentration an Glucosesirup weniger süß schmeckt. Zudem kann er zu einem faden und me-

tallischen Beigeschmack führen. Dadurch ist die Einsatzmenge von Glucosesirup begrenzt (Rosenplenter u. a., 2007; Timm, 1985; Wegener, 1990).

Es wurden einige Versuche zum Einsatz von Zuckeralkoholen in Speiseeis gemacht. In einer Studie wurde ein gefrorenes Milchdessert mit 6 % Xylit, 6 % Fructose und 10 % Glucosesirup gesüßt und hatte ähnliche Eigenschaften wie konventionelles Speiseeis. Durch Fructose konnte der typische Nachgeschmack von Xylit maskiert werden (Abril u. a., 1982). Ein alleiniger Einsatz des Zuckeralkohols ist also nicht ideal.

Stokols u. a. (2006) setzten Vanilleeis unterschiedliche Zuckeralkohole zu. Die besten Ergebnisse erlangten sie mit Maltitsirup, bei einem Gehalt von 16 %. Allerdings wurden die zuckerfreien Eissorten bei einer Verbraucherbefragung als weniger süß bewertet als konventionelles Eis. Süßes Speiseeis wird allgemein bevorzugt.

Timm (1985) berichtet von Versuchen mit Sorbit. Bei Zusatz von mehr als fünf Prozent wurde das Gefüge des Speiseeises schlechter und es entstand einen kratzend süßer Geschmack.

Süßstoff wird in Europa bisher nicht in Speiseeis eingesetzt. Auch gibt es kaum veröffentlichte Studien dazu. Abd El-Ghany (2008) ersetzte 0 %, 25 %, 50 %, 75 % und 100 % der Saccharose in Vanilleeis durch den Süßstoff Sucralose und gab verschiedene Kohlenhydrate zu, um den Trockensubstanzgehalt zu erhöhen. Geschmack, Textur und Farbe korrelierten positiv mit dem Austausch der Saccharose. Die sensorischen Eigenschaften wurden signifikant verbessert. Zudem konnte der Brennwert um bis zu 33 % gesenkt werden.

Specter u. a. (1994) süßten Speiseeis mit bis zu 0,09 % Aspartam. Für eine höhere Trockensubstanz gaben sie im Ausgleich zu Saccharose das Polysaccharid Polydextrose zu. Allerdings wurden nur Texturattribute sensorisch untersucht. Es gab keine signifikanten Unterschiede zwischen Eis mit Saccharose oder mit Polydextrose-Aspartam.

Goff u. a. (1984) untersuchten die Süße, Cremigkeit und Akzeptanz von energiereduzierten gefrorenen Desserts mit 0,05 % und 0,10 % Aspartam und 8 % bis 14 % Polydextrose. Die Untersuchungen wurden mit 15 erfahrenen Prüfern durchgeführt. Mit bis zu zwölf Prozent Polydextrose wurden die Produkte akzeptiert, ein höherer Gehalt führte zu einem brennenden Nachgeschmack. Die Prüfer bevorzugten die süßen Proben, also mit mehr Aspartam. Die eingesetzte Menge an Süßstoff korrelierte signifikant sowohl mit der Süße als auch mit der Akzeptanz der Produkte ($p < 0,01$).

Bei allen Studien wurden Ersatzstoffe zugegeben, um den Trockensubstanzgehalt im Speiseeis zu erhöhen. Daher kann nicht eindeutig festgestellt werden, ob die Unterschiede von den Süßstoffen hervorgerufen wurden oder durch die Austauschstoffe. Versuche, Saccharose nur durch Süßstoff zu ersetzen, sind nicht bekannt.

Trockensubstanzgehalt:

Der Trockensubstanzgehalt von Speiseeis wird durch die Zugabe von Milch- oder Molkenpulver eingestellt. Bei einer größeren Zugabe von Feststoffen wird Speiseeis im Allgemeinen fester. Da der Wasseranteil geringer wird, bilden sich auch weniger Eiskristalle, sodass beim Verzehr weniger Kälte wahrgenommen wird. Zudem führt ein höherer Trockensubstanzanteil dazu, dass das Eis langsamer schmilzt. Der gleiche Effekt ist bei einer höheren Fettzugabe festzustellen (King, 1994; Stampanoni Koeflerli u. a., 1996; Wegener, 1990).

Wie oben bereits beschrieben, ist ein hartes Eis mit vielen Eiskristallen bei den Konsumenten weniger beliebt als cremige Eiscreme, die langsam schmilzt. Dies wurde durch zwei Verbraucherbefragungen, mit 146 und 63 Prüfpersonen, bestätigt (Guinard u. a., 1997; Li u. a., 1997).

Vanillearoma:

Ein reiches Vanillearoma ist für die Akzeptanz von Vanilleeis entscheidend (Guinard u. a., 1997; Li u. a., 1997). Dazu werden von den Herstellern meist standardisierte Essenzen oder Gemische aus Vanillin und Vanilleextrakt verwendet. Durch das Mischen können zum Einen Kosten gespart werden, da die Herstellung von Extrakten teurer ist als von naturidentischen oder künstlichen Aromastoffen. Zum Anderen ist es möglich, einen gewünschten sensorischen Effekt zu erreichen, der nur mit Extrakt nicht erlangt werden könnte (King, 1994; Wegener, 1990).

Vanillin ist der Hauptaromastoff der Vanilleschote. Auch in naturidentischen und künstlichen Aromen ist es die wichtigste Komponente. Durch Beistoffe wird das Aroma modifiziert und man kommt dem Charakter der Schoten näher (Li u. a., 1997; Timm, 1985; Ziegler, 1982).

Auch das Aroma von Vanilleextrakt variiert durch die vielen Spurenbestandteile und wird durch diese abgerundet. Die Zusammensetzung und die Konzentration der Verbindungen sind je nach Ursprungsort und Schotenart anders. Daher gibt es auch bei gleichem Vanillingehalt sensorische Unterschiede (King, 1994; Ziegler, 1982).

2009 untersuchte Stiftung Warentest 19 kommerzielle Vanilleeisproben. Eine große Bedeutung für die Ergebnisse hatten dabei Gehalt und Zusammensetzung der Aromastoffe, dies wurde als Aromaqualität bewertet. Bei 17 Sorten wurde das Gesamtergebnis wegen verfälschter oder zu wenig Vanille abgewertet. Sieben Hersteller hatten nicht nur Extrakt, sondern zusätzlich weitere Aromastoffe zugesetzt. Dies wurde nicht akzeptiert, obwohl es, wie oben beschrieben, einige Vorteile bringt. Als hochwertigstes Aroma wurde Extrakt aus Bourbon-Vanille bezeichnet. Es wurde nicht angegeben, wie hoch die Konzentration an Aromen in den Proben tatsächlich war oder wie viel eingesetzt werden sollte, um eine „gute“ Aromaqualität zu erreichen.

Der Autor bescheinigt den meisten Produkten einen „deutlich bis intensiv aromatisch(en)“ Geschmack. Daraus sollte man schließen, dass eine stärkere Zugabe der teuren Aromen keinen Sinn macht. Denn der einzige Zweck der Aromastoffe ist es, Geruch und Geschmack des Eises zu verbessern (Der Geruch wurde in der Untersuchung nicht bewertet). Auch in dem Artikel selbst ist zu lesen, dass ein geringer Vanillegehalt „geschmacklich (...) meist nicht zu merken“ ist.

In einer Teilnote für die sensorische Beurteilung erhielten die meisten Produkte zwischen 2,0 und 3,0. Die Aromaqualität dieser Proben wurde nur mit ausreichend oder mangelhaft bewertet (Stiftung Warentest, 2009).

Der Gehalt und die Zusammensetzung der Aromastoffe spiegeln sich also in keiner Weise in der sensorischen Qualität wider. Die Untersuchung ist daher sehr kritisch zu betrachten.

Extrakt aus der Bourbon-Vanille gilt als besonders hochwertig, während die Tahiti-Vanille oder nicht-natürliche Aromen eher als minderwertige Qualität angesehen werden (Stiftung Warentest, 2009; Ziegler, 1982). So kann auch die Kennzeichnung die Beliebtheit von Produkten bei Verbrauchern beeinflussen.

Parker u. a. (2005) führten dazu Untersuchungen durch. 72 untrainierte Prüfpersonen bewerteten an mehreren Terminen Vanilleeis mit natürlichem Vanillearoma, künstlichem Aroma und Mischungen der beiden Arten. Die Proben waren einmal ungekennzeichnet, einmal korrekt gekennzeichnet und einmal zufällig gekennzeichnet, also richtig oder falsch.

Ohne Kennzeichnung war das Eis mit der Aromenmischung am beliebtesten. Der Vanillegeschmack mit nur natürlicher Vanille wurde als am schlechtesten bewertet. Wurden die Proben jedoch so gekennzeichnet, dass sie nur natürliche Aromen enthalten würden, richtig oder falsch, war dieses Eis beliebter.

Im Gegensatz dazu wurde Vanilleeis mit künstlichen Aromen mit Kennzeichnung weniger gemocht als ohne Kennzeichnung. Von diesen gekennzeichneten Proben wurden Aroma, Süße und Gesamteindruck als am schlechtesten bewertet. Auch die Intensität des Vanillearomas wurde dann als schwächer bewertet, obwohl in allen Proben die gleiche Konzentration an Aroma vorhanden war (Parker u. a., 2005).

Die beiden Studien bestätigen, dass natürliches Vanillearoma oder Extrakt nicht unbedingt zu einem besseren Geschmack führen. Auch Vanilleeis mit künstlichen Aromen kann eine gute sensorische Qualität haben und wird von den Verbrauchern akzeptiert. Alle anderen Inhaltsstoffe und die Verarbeitung haben ebenfalls Einfluss auf die Beliebtheit vom Speiseeis.

Sie korreliert positiv mit einem reichen Vanillearoma, milchigem, cremigem und süßem Geschmack und einem weichem, cremigem Mundgefühl (Guinard u. a., 1997; Li u. a., 1997).

2.5 Untersuchung der sensorischen Eigenschaften

Die sensorische Qualität eines Lebensmittels wird durch die Merkmale Aussehen, Geruch, Geschmack und Textur bestimmt. Diese Eigenschaften sind das wichtigste Maß für Produktqualität und Produkterfolg. Daher sollten die Eigenschaften und die Akzeptanz durch die Verbraucher während der Planung und der regulären Produktion regelmäßig überprüft werden. Dabei ist der passende Test abhängig von den Zielen, den Bedingungen und der Probenanzahl.

Es wird zwischen objektiven und hedonischen Testverfahren unterschieden. Bei hedonischen Tests wird die Verbrauchermeinung zu den Produkten untersucht. Objektive Tests werden genutzt um Unterschiede zwischen Proben aufzuzeigen oder um sie zu beschreiben (Drake, 2007).

In dieser Studie werden Rangordnungsprüfungen, Profilprüfungen und hedonische Prüfungen durchgeführt. Daher wird nur auf diese Verfahren näher eingegangen.

Verbrauchertest:

Nur mit der Befragung der Verbraucher können Akzeptanz oder Ablehnung, also die Beliebtheit, eines Produktes untersucht werden. Allein die Ergebnisse eines Verbrauchertests sollten entscheidend für die Einführung eines neuen Produktes sein.

Allerdings unterscheiden sich die Konsumenten sehr stark in ihren Meinungen. Die Bewertung hängt neben Alter und Geschlecht auch von der Verzehrshäufigkeit, Erfahrungen und extrinsischen Faktoren wie Werbung ab. Daher sollten mindestens 50, besser 100 bis 500, Personen befragt werden. Es sollten nur diejenigen den Test teilnehmen, die vorher angeben, dass sie solche Produkte mindestens ab und zu verzehren und sie nicht generell ablehnen. Dies würde sonst die Ergebnisse verfälschen.

Man kann bei den hedonischen Prüfungen zwischen Präferenztest und Akzeptanztest unterscheiden. Bei Ersterem wird gefragt, welches Produkt von zwei oder mehr bevorzugt wird. Das Ausmaß von Gefallen oder Nicht-Gefallen wird nicht untersucht. So kann es sein, dass das bevorzugte Produkt trotzdem abgelehnt wird, wenn keines der Proben der Prüfperson gefällt.

Wie sehr ein Produkt gefällt oder missfällt kann mit einem Akzeptanztest untersucht werden. Dazu werden meistens Punkte vergeben (Drake, 2007). Dabei wird in den USA eine Skala von 1 bis 9 verwendet, während in Deutschland oft 1 bis 5 Punkte genutzt werden. Die Note 1 ist jeweils die schlechteste Bewertung (Meilgaard u. a., 2007).

Zusätzlich kann nach einzelnen, einfachen Attributen gefragt werden. Bei diesen „Just-about-right“-Skalen geben die Prüfpersonen an, ob die Intensität einer Merkmalseigenschaft genau richtig, zu schwach oder zu stark ist. Die Verbraucher müssen aber immer erst nach dem Gesamteindruck befragt werden, da sonst die Frage nach einzelnen Eigenschaften das Gesamturteil

beeinflusst (Drake, 2007). Dieser „Halo-Effekt“ bewirkt, dass eine Probe die generell gefällt auch bei einzelnen Attributen oder Merkmalen eher als gut bewertet wird. Andersherum werden Merkmale eher abgewertet, wenn das Produkt insgesamt missfällt (Meilgaard u. a., 2007).

Zusätzlich sollten einige Angaben zu den Prüfpersonen gemacht werden, insbesondere Alter und Geschlecht. So können die Verbraucher bei der späteren Auswertung in Zielgruppen eingeteilt werden (Drake, 2007).

Stokols u. a. (2006) stellten bei einer Verbraucherbefragung zu Vanilleeis mit unterschiedlichen Süßungsmitteln (200 Teilnehmer) fest, dass Männer und jüngere Verbraucher süßeres Speiseeis bevorzugen. Beim Gesamteindruck, also Aussehen, Geschmack und Textur zusammen, gab es keine signifikanten Unterschiede zwischen Männern und Frauen. Guinard u. a. (1996) kamen zu dem Ergebnis, dass Männer den Geschmack des Vanilleeises signifikant als besser bewerteten.

Rangordnungsprüfung:

Die Rangordnungsprüfung gehört zu den Unterschiedsprüfungen. Das Ziel ist es, zu untersuchen, ob ein Unterschied zwischen zwei oder mehr Produkten besteht. Auf Ursachen und Ausmaß dieser Unterschiede kann mit den Verfahren nicht geschlossen werden (Drake, 2007).

Rangordnungsprüfungen werden vor allem für die Produktentwicklung, die Qualitätssicherung und den Vergleich verschiedener Produzenten oder Herstellungsverfahren genutzt. Die Durchführung ist in der Norm ISO 8587 (2003) beschrieben, welche die deutsche DIN-Norm 10963 (1997) ersetzt. Es werden gleichzeitig mehr als zwei Produkte untersucht. Sie werden dabei von den Prüfpersonen in eine bestimmte Reihenfolge gebracht. Dieses kann nach der Intensität einzelner Attribute, beispielsweise der Süße, der Beliebtheit einzelner Merkmale oder der Gesamtbeliebtheit geschehen.

Das Panel muss für das Verfahren nicht speziell trainiert werden. Die Proben werden nur in eine Reihenfolge gebracht, wie stark die Differenzen sind wird nicht betrachtet. Dieses Konzept wird in der Regel sofort verstanden. Die Prüfpersonen müssen nur unter den Attributen alle das Gleiche begreifen.

Für die Auswertung werden statistische Verfahren herangezogen, in aller Regel ein Verfahren nach Friedman. So kann untersucht werden, ob die Unterschiede zwischen den Produkten signifikant sind (Meilgaard u. a., 2007).

Profilprüfung:

Profilprüfungen gehören zu den beschreibenden Tests. Sie werden genutzt, um sensorische Attribute zu identifizieren und die Ausprägung derselben zu ermitteln. So können die sensorischen

Eigenschaften der Produkte dargestellt werden (ISO 13299, 2003; DIN 10967, 1999). Allerdings benötigen die Prüfer für gute Ergebnisse Training. Nur so arbeiten sie genau, vergleichbar und wiederholbar (Drake, 2007).

Es gibt verschiedene Arten der Profilprüfung, von denen vor allem das Konsensprofil, das freie Auswahlprofil, die konventionelle Profilprüfung und die Spektrum Methode angewendet werden. Mit allen Verfahren erhält man eine ausführliche objektive Beschreibung der Produkte. Sie erfolgt sowohl qualitativ, welche Attribute wahrzunehmen sind, als auch quantitativ, wie die Intensität der Attribute ist. Die Prüfer beschreiben die Produkte indem sie für jede Probe und jedes Attribut die Intensität auf einer vorgegebenen Skale angeben (Meilgaard u. a., 2007).

Das freie Auswahlprofil wurde von Williams u. a. (1984) entwickelt. Jeder Prüfer benutzt seine selbstgewählten Attribute. Er entscheidet, wie viele Merkmalseigenschaften er beschreiben kann oder will.

Bei den weiteren Profilprüfungen nutzt jeder Prüfer die gleichen Attribute um die Merkmalseigenschaften zu beschreiben. Die Begriffe werden gemeinsam erarbeitet. Die Prüfer müssen sich dann auf eine gemeinsame Liste einigen. Alle müssen das Gleiche unter den einzelnen Merkmalseigenschaften verstehen, weshalb die Attribute genau definiert werden sollten. Die Unterschiede zwischen den Produkten werden dann anhand der Intensitäten beschrieben.

Im Konsensprofil erfolgt die Bestimmung der Intensitäten zunächst als Einzelprüfung. Das Panel einigt sich dann für die Intensität jedes Attributs auf einen Mittelwert. An den Untersuchungen sollten mindestens sechs produktspezifisch geschulte Prüfer teilnehmen (DIN 10967-2, 2000).

Die konventionelle Profilprüfung ist international als „Quantitative descriptive analysis“ (QDA) bekannt (Stone u. a., 1974). Auch bei dieser Methode benutzt das gesamte Panel die gleichen Attribute. Die Intensitäten werden in Einzelprüfungen bestimmt. Die Ergebnisse der Prüfer und des gesamten Panels werden dann statistisch ausgewertet. Um statistisch sichere Ergebnisse zu erhalten, sollten die Prüfungen mindestens zweimal wiederholt werden. Dadurch ist das Verfahren sehr zeitaufwendig (DIN 10967-1, 1999).

Bei den vorgestellten Profilprüfungen nutzen die Prüfer relative Skalen. Da die Personen oft unterschiedliche Skalenbereiche nutzen, können leicht Signifikanzen zwischen den Prüfern entstehen. Dies sind nicht zufällige Unterschiede in der Bewertung mehrerer Prüfpersonen vom gleichen Produkt (Meilgaard u. a., 2007). Sie traten auch in einer Studie von Guinard u. a. (1997) auf. Die Autoren nutzten die konventionelle Profilprüfung um mehrere Vanilleeiscremes zu charakterisieren. Bei fast allen Attributen gab es höchst signifikante Unterschiede zwischen den Prüfpersonen. Durch große Differenzen innerhalb des Panels kann es passieren, dass Unterschiede zwischen den Produkten weniger deutlich hervortreten (Meilgaard u. a., 2007).

Anders ist es bei der Spektrum Methode. Diese Profilprüfung wurde 1975 von Civile und Liska veröffentlicht. Hier werden die Ausprägungen der Attribute auf absoluten Skalen angegeben. Die einzelnen Skalenbereiche sind durch festgelegte Standards definiert. Die Prüfer müssen lange mit diesen Standards trainieren, sodass sie auf diese „kalibriert“ werden und signifikante Unterschiede zwischen den Prüfern wesentlich seltener auftreten.

Die Ergebnisse der Profilprüfungen werden in der Regel statistisch ausgewertet: Mittelwerte und Standardabweichungen werden berechnet. Mit Varianzanalysen werden die Unterschiede zwischen Proben, Prüfern und Wiederholungen auf signifikante Unterschiede untersucht. Nur beim Konsensprofil sind statistische Aussagen zu signifikanten Unterschieden nicht möglich.

Desweiteren kann die Hauptkomponentenanalyse genutzt werden, um die Daten mehrerer Produkte in einem Koordinatensystem darzustellen. So kann unter anderem festgestellt werden, welche Attribute einen bedeutenden Beitrag zur Differenzierung der Produkte liefern (DIN 10967-1, 1999; DIN 10967-2, 2000).

Um die Prüfpersonen zu trainieren, werden verschiedene Prüfungen durchgeführt. Durch Erkennungs- und Schwellenprüfungen können Wahrnehmungsdefizite erkannt werden. Die Einfach beschreibende Prüfung übt, sensorische Eindrücke darzustellen. Rangordnungsprüfungen werden ebenfalls für das Training vorgeschlagen. Im weiteren Verlauf sollten Schulungen mit den später zu untersuchenden Produkten und Methoden durchgeführt werden (DIN 10961, 1996).

Unabhängig davon, mit welchem Verfahren die Proben untersucht werden, muss ausgeschlossen werden, dass die Probenvorbereitung und Prüfungsdurchführung Einfluss auf die Ergebnisse hat. Die Prüfer dürfen sich während der Beurteilung in Einzelprüfungen nicht beeinflussen. Dies wird am besten durch Einzeltische oder getrennte Kabinen erreicht.

Meistens werden während einer Sitzung mehrere Proben untersucht. Daher muss verhindert werden, dass Geschmackseindrücke eines Produktes auf das Nächste verschleppt werden. Mit Wasser, schwachem Tee oder Weißbrot können die gustatorischen Eindrücke neutralisiert werden.

Damit von der Prüfprobe nicht auf einen Hersteller oder bestimmte Eigenschaften geschlossen werden kann, sollten sie mit dreistelligen Zufallszahlen verschlüsselt werden. Bei Wiederholungen sind für jede Prüfung neue Zufallszahlen zu verwenden.

Alle Proben müssen einheitlich präsentiert werden, also in gleichen Gefäßen und in gleicher Menge. Auch die Temperatur spielt bei vielen Produkten eine entscheidende Rolle, zum Beispiel bei Speiseeis (DIN 10967-1, 1999). Nur bei konstanten Bedingungen können repräsentative Ergebnisse erlangt werden.

3 Material und Methoden

In diesem Kapitel werden die Planung, Durchführung und Auswertung der Versuche beschrieben.

3.1 Versuchsplanung

Es werden Vanilleeiscremes mit verschiedenen Aromen und Süßungsmitteln hergestellt und sensorisch untersucht. Alle Proben werden in der Lehrmolkerei der LUFA Nord-West in Oldenburg hergestellt. So kann ausgeschlossen werden, dass unterschiedliche Anlagen Einfluss auf die Qualität haben.

Vorversuche werden dazu genutzt, die Grundrezeptur anzupassen, um eine optimale Basis für die späteren Produkte zu haben. Während der Hauptversuche wird die Rezeptur in Bezug auf Milch, Fett, Farbstoff, Emulgator und Stabilisatoren konstant gehalten.

Als Aromen werden Bourbon-Vanilleextrakt, natürliches Vanillearoma und künstliches Aroma mit Vanillegeschmack verwendet. Da in der Deklaration nicht mehr zwischen künstlichen oder naturidentischen Aromen unterschieden wird, wird auf Versuche mit naturidentischem Vanillin verzichtet. Ein Teil der Eisproben wird, statt mit Saccharose, mit dem Süßstoff Aspartam gesüßt. Es wird ein teilfaktorielles Versuchsdesign mit der Software ECHIP 7 (ECHIP, 1983) erstellt. So werden 25 verschiedene Eiscremes hergestellt.

Unabhängig vom ECHIP-Versuchsplan wird ein weiterer Versuch mit dem Süßstoff Neohesperidin durchgeführt.

Alle Produkte werden in Verbrauchertests bewertet. Zudem werden Rangordnungsprüfungen und Konsensprofilprüfungen mit ausgewählten Proben durchgeführt. Desweiteren wird der Aufschlag der Eisproben berechnet und die Zusammensetzung untersucht.

3.2 Verwendete Anlagen und Materialien

Multifunktionsanlage:

Firma: Schröder GmbH & CoKG, Lübeck

Typ: CV 100/400

Die Multifunktionsanlage „Schröder Kombinator“ wird genutzt, um flüssige Produkte zu erhitzen, zu homogenisieren, zu kühlen und abzufüllen. Dazu können bis zu fünf Röhrenwärmetauscher verwendet werden. Eine Heißhaltung ist bis zu 600 s realisierbar. CIP-Reinigung ist ebenfalls möglich.

Die Anlage wird computergestützt gesteuert. Dazu wird die Software PCS 7 der Firma Siemens genutzt. Hier können alle Parameter wie Temperatur, Heißhaltezeit und Durchfluss gesteuert werden.

Reifetank:

Firma: Kruse und Sohn Maschinenbau, Edewecht

Typ: VBV-13A-ME

In dem Reifetank „Domnick Hunter“ wird der Mix während des Reifens kontinuierlich gerührt. Über einen Doppelmantel wird das Produkt mit Eiswasser gekühlt. Die Produkttemperatur ist einstellbar.

Freezer:

Firma: Tetra Pak Hoyer, Dänemark

Maschinentyp: KF 80 XC

Produktionsnummer: Z 100.2103

Mit dem Freezer kann der Eismix unter Lufteinschlag gefroren werden. Als Kältemittel wird der Halogenkohlenwasserstoff Frigen genutzt. Das Volumen des Gefrierzylinders beträgt 0,2 l. Die Parameter Durchfluss, Temperatur des Kältemittels, Aufschlag, Endtemperatur der Eiscreme und Pumpenverhältnis können stufenlos eingestellt werden.

Abbildung 6 im Anhang zeigt ein Foto des verwendeten Freezers.

Magermilch:

Lieferant: LUFA Nord-West, Lehrmolkerei, Oldenburg

Die Milch wurde nicht hitzebehandelt.

Magermilchpulver:

Hersteller: Molkerei Rücker, Aurich

Das Pulver wurde mittels Sprühtrocknung aus Magermilch hergestellt.

Butterschmalz:

Hersteller: LUFA Nord-West, Lehrmolkerei, Oldenburg

Das Butterschmalz besteht zu 99,5 % aus Butterfett.

Saccharose:

Bezeichnung: Gut & Günstig Feine Raffinade

Lieferant: Edeka AG & CoKG, Hamburg

Charge: L821011400

Glucosesirup:

Der Glucosesirup stammt aus Lagerbeständen der Lehrmolkerei. Daher sind genaue Spezifikationen nicht mehr vorhanden. Der DE-Wert liegt im normalen Bereich, zwischen 38 und 48 DE.

Emulgator Mono- und Diglyceride von Speisefettsäuren:

Bezeichnung: Brühwurstemulgator BE 5

Hersteller: Beck Gewürze und Additive, Schnaittach

Artikelnummer: 70.9870296

Charge: 20110325071352

Der Emulgator ist neben der Herstellung von Wurstwaren auch für andere Lebensmittelbereiche geeignet und wird pulverförmig geliefert.

Stabilisator Johannisbrotkernmehl:

Hersteller: Beck Gewürze und Additive, Schnaittach

Artikelnummer: 70.9870571

Charge: 20110325070104

Der Stabilisator ist ein feingemahlenes, cremefarbenes Pulver.

Stabilisator Guarkernmehl:

Hersteller: Beck Gewürze und Additive, Schnaittach

Artikelnummer: 70.9870196

Charge: 20110325071353

Guarkernmehl wird als weißes bis cremefarbenes Pulver geliefert.

Stabilisator-Emulgator-Mischung:

Bezeichnung: Stabimuls IC 203G

Hersteller: Hydrosol Produktionsgesellschaft mbH & CoKG, Ahrensburg

Referenznummer: 00729 HY

Die Stabilisator-Emulgator-Mischung ist ein weißes bis beiges Pulver und enthält Mono- und Diglyceride von Speisefettsäuren, Carboxymethylcellulosen, Guarkernmehl, Carrageen und als Dispersionshilfe Glucose.

Farbstoff Betacarotin:

Bezeichnung: Roha Nat Beta Carotene WSP

Hersteller: Biesterfeld Spezialchemie GmbH, Hamburg

Produktnummer: 5469550000

Charge: 11865

Der Farbstoff wird als dunkelorange Pulver geliefert. Die Inhaltsstoffe sind Glycerin, pflanzliches Öl, 1 % Betacarotin, Zuckerester, α -Tocopherol und Ascorbylpalmitat.

Süßstoff Aspartam:

Lieferant: Rewe Food Ingredients, Köln

Herkunft: China

Der Süßstoff wird als weißes, geruchloses, kristallines Pulver geliefert.

Süßstoff Neohesperidin:

Lieferant: Rewe Food Ingredients, Köln

Der Süßstoff wird ebenfalls als weißes und geruchloses Pulver geliefert.

Vanilleextrakt:

Bezeichnung: Vanille Extrakt Bourbon 10x

Hersteller: Symrise AG, Holzminden

Produktnummer: 147985

Das Extrakt wird als braune bis dunkelbraune Flüssigkeit geliefert. Der Vanillingehalt liegt bei 1,5 % bis 2,0 %. Außer dem Aromaextrakt sind keine weiteren aromatisierenden Bestandteile enthalten.

Natürliches Vanillearoma:

Bezeichnung: Natürliches Vanille Aroma

Hersteller: Symrise AG, Holzminden

Produktnummer: 204061

Das Natürliche Aroma ist eine klare Flüssigkeit. Die aromatisierenden Bestandteile sind Aromaextrakt und natürliche Aromastoffe, die zu mindestens 95 % aus der Vanillepflanze stammen. Weitere natürliche Aromastoffe wurden zur Abrundung des Aromas zugegeben.

Künstliches Aroma:

Bezeichnung: Vanille Aroma

Hersteller: Symrise AG, Holzminden

Produktnummer: 618493

Das Aroma wird als hellgelbe bis gelbe, klare Flüssigkeit geliefert. Die aromatisierenden Bestandteile sind 6,0 % Ethylvanillin und weitere Aromastoffe.

Neben der sensorischen Bewertung wird von den Eissorten auch der Energiegehalt bewertet. Dazu wurden in Tabelle 2 die Anteile an Kohlenhydraten, Proteinen, Fett und Wasser und der Brennwert aller Zutaten zusammengestellt. Die Daten für Magermilch, Magermilchpulver, Butterschmalz, Saccharose und Glucosesirup stammen von Elmadfa u. a. (2005). Die Zusammensetzung der weiteren Zutaten wurde den Spezifikationen der jeweiligen Hersteller entnommen. Der Süßstoff Neohesperidin wird vom menschlichen Körper nicht resorbiert. Er hat daher keinen verwertbaren Energiegehalt und wird in der Tabelle nicht mit aufgeführt.

Tab. 2: Zusammensetzung der Zutaten

	Kohlenhydrate [%]	Proteine [%]	Fett [%]	Wasser [%]	Brennwert [kcal/ 100 g]
Magermilch	4,9	3,5	0,1	90,5	35
Magermilchpulver	49,4	35,3	1,0	4,3	348
Butterschmalz	0,0	0,3	99,5	0,2	897
Saccharose	100	0,0	0,0	0,0	410
Glucosesirup	80,0	0,0	0,0	20,0	320
Brühwurstemulgator	0,0	0,0	100	0,0	930
Johannisbrotkernmehl	7,3	5,0	1,0	13,0	60
Guarkernmehl	5,0	10,0	1,0	12,0	70
Stabimuls	2,5	0,9	72,0	24,6	684
Farbstoff	77,4	0,7	15,6	5,0	323
Aspartam	0,0	100	0,0	0,0	400
Vanilleextrakt	30,0	0,0	0,0	0,0	313
Natürliches Aroma	0,5	0,0	0,0	0,0	380
Künstliches Aroma	0,0	0,0	0,0	0,0	362

Die Summe aus Kohlenhydraten, Proteinen, Fett und Wasser ergibt nicht immer genau 100 %. Dies liegt daran, dass zum Beispiel Magermilch auch Mineralsalze enthält, die in der Tabelle nicht mit aufgeführt sind. Die Aromen sind in Alkohol gelöst. Dieser hat rein einen Energiegehalt von 7,3 kcal/ g.

3.3 Vorversuche

Während der Vorversuche soll die Grundrezeptur (Tabelle 3) optimiert werden. Diese stammt im Ursprung von der Lehrmolkerei der LUFA und wurde auf die vorhandenen Zutaten und Zusatzstoffe angepasst.

Tab. 3: Grundrezeptur für Eiscreme

Komponente	Anteil [%]	Menge [g]
Magermilch	68,70	6.870
Magermilchpulver	4,15	415
Butterschmalz	12,00	1.200
Saccharose	12,00	1.200
Glucosesirup	2,60	260
Emulgator	0,20	20
Johannisbrotkernmehl	0,15	15
Guarkernmehl	0,15	15
Farbstoff	0,05	5
	100,00 %	10.000 g

Während der Vorversuche werden den Eiscremes noch keine Aromen zugegeben. So ist der Einfluss der weiteren Zutaten, insbesondere Fett- und Saccharosegehalt, besser wahrzunehmen. Auch eventuelle Fehlgerüche durch die Zusatzstoffe werden eher herausgeschmeckt.

Im ersten Schritt werden 10 kg Eismix hergestellt: Die Milch wird in einer 10-Liter-Kanne in einem Wasserbad auf etwa 40 °C erwärmt. Als Emulgator und Stabilisatoren werden im ersten Vorversuch die Einzelsubstanzen der Firma Beck Gewürze und Additive eingesetzt. Sie werden mit der Saccharose und dem Farbstoff vermischt, da die Stoffe sonst beim Lösen verklumpen könnten. Das Gemisch wird unter Rühren der Milch zugegeben. Danach werden Magermilchpulver und Glucosesirup eingerührt. Das Butterschmalz wird in einem Wärmeschrank auf 50 °C erwärmt, sodass es flüssig ist. Dieses wird dem Eismix als letztes zugegeben.

Der Mix ruht anschließend im Wasserbad für mindestens eine Stunde, so können die Stabilisatoren ihre Wirkung entfalten. Da sich in dieser Zeit ungelöste Stoffe unten in dem Behälter absetzen können und das Fett aufrahmt, muss der Mix vor der Weiterverarbeitung gerührt werden.

Die anschließende Pasteurisierung und Homogenisierung geschieht in der Multifunktionsanlage. Die Parameter sind Erfahrungswerte aus vorherigen Versuchen in der Lehrmolkerei. Der Durch-

fluss wird auf 200 l/ h eingestellt. In einem ersten Röhrenwärmetauscher wird der Mix auf 55 °C erwärmt. Er wird dann einstufig bei 200 bar homogenisiert. Der zweite Röhrentauscher erwärmt das Produkt weiter auf die Pasteurisationstemperatur von 90 °C. Diese Temperatur wird in einer Heißhaltestrecke 300 s gehalten. Die anschließende Abkühlung erfolgt über zwei Röhrentauscher, zuerst auf 20 °C und anschließend mit Eiswasser auf 8 °C.

Damit die Pumpen nicht trockenlaufen, muss die Anlage vor und nach dem Produkt mit Wasser gefahren werden. Dadurch wird ein Teil des Mixes verdünnt. Diese Mischphasen werden nicht mit verarbeitet. Daher werden der erste und der letzte Liter des Produktes verworfen. Ein angeschlossener Durchflussmesser zeigt die jeweiligen Mengen an.

So werden acht Liter homogenisierter und pasteurisierter Eismix in eine desinfizierte Kanne gefüllt. Dieser wird anschließend in den Reifetank umgefüllt und kann dort über Nacht bei vier Grad Celsius Produkttemperatur und kontinuierlichem Rühren reifen.

Am nächsten Tag wird der Mix im Freezer weiterverarbeitet. Der Durchfluss der Eiscremepumpe wird auf 20 l/ h eingestellt. Das Verhältnis der Pumpen zueinander beträgt 1,2, sodass der Durchfluss der Mixpumpe bei 16,7 l/ h liegt. Die Temperatur des Kältemittels beträgt -20 °C. Die Endtemperatur der Eiscremes wird auf -7 °C eingestellt. Als Soll-Wert für den Aufschlag wird 120 % angegeben. Aus vorherigen Versuchen in der Lehrmolkerei ist bekannt, dass der tatsächliche Aufschlag meistens unter dem Zielwert liegt. Da dies allerdings auch an den genutzten Rezepturen liegen kann, muss nicht davon ausgegangen werden, dass der Aufschlag auch in diesem Versuch schlechter wird.

Da auch diese Anlage nicht trockenlaufen darf, wird sie vor und nach dem Mix mit Wasser gefahren. Damit es nicht einfriert, wird die Zirkulation des Kältemittels dann abgestellt. Auch diese Mischphasen von Eiscreme und Wasser werden verworfen. Allerdings ist kein Durchflussmesser angeschlossen. Vor dem Abfüllen wird so viel Produkt entfernt, bis die gewünschte Konsistenz erreicht wird. Dies kann bestimmt werden, indem eine Probe mit einem Teelöffel aufgefangen wird. Ist die Eiscreme formstabil, kann abgefüllt werden.

Das Eis wird von Hand in 150-ml-Becher aus Polystyrol gefüllt. Diese werden mit einem Deckel versehen und einer dreistelligen Zufallszahl beschriftet. Kurz bevor der gesamte Eismix in den Freezer gepumpt wurde, wird mit Wasser nachgespült. Es kann dann noch solange Eiscreme abgefüllt werden, bis die Konsistenz wieder weicher wird.

Die Becher werden bis zur Bewertung in einer Tiefkühltruhe bei -34 °C gelagert. Die Vorversuche werden mittels hedonischer Prüfung bei der LUFA ausgewertet. Die Durchführung der Tests wird in Kapitel 3.8.1 detailliert erläutert. Die Proben werden in dem Verbrauchertest anhand einer Skala mit 1 („Missfällt sehr“) bis 5 Punkten („Gefällt sehr“) bewertet. Der Wendepunkt

(„Weder missfällt, noch gefällt“) liegt bei 3 Punkten. Die Prüfpersonen werden gebeten, die Bewertung mit Kommentaren zu begründen. So kann untersucht werden, in welcher Hinsicht die Grundrezeptur verbessert werden muss. Da im Vorversuch keine Aromen zugegeben werden, ist die Bewertung des Geschmacks kritisch zu betrachten.

Wird die Eiscreme von mindestens 50 % der Prüfpersonen mit der Note vier oder fünf beurteilt, wird die Grundrezeptur als gut bewertet und nicht weiter verändert. Dann wird mit den Hauptversuchen begonnen. Sollten die Ergebnisse der hedonischen Prüfung schlechter sein, wird die Rezeptur entsprechend der Kritiken angepasst. Dazu können Inhaltsstoffe ausgetauscht, die Anteile verändert oder Verarbeitungsschritte angepasst werden. Die veränderte Eiscreme wird erneut verkostet.

3.4 Hauptversuche

Für die Hauptversuche wird die am besten bewertete Grundrezeptur genutzt. Diese wird dann in Bezug auf Milch-, Butterschmalz-, Farbstoff-, Emulgator- und Stabilisatoranteil konstant gehalten. Die Parameter der Anlagen werden nicht mehr verändert. Die Anteile von Saccharose, Süßstoff, Vanilleextrakt, natürlichem Vanillearoma und künstlichem Aroma werden variiert.

3.4.1 Vanilleeiscreme mit Aspartam

Das Hauptaugenmerk bei den Süßungsmitteln wird in dieser Arbeit auf Aspartam gelegt. Es wird ein Versuchsplan erstellt, um die Einflüsse und Wechselwirkungen der Variablen in den gegebenen Grenzen zu betrachten. Die eingesetzten Konzentrationen zeigt Tabelle 4:

Tab. 4: Variablen der Hauptversuche

Variable	Minimaler Anteil	Mittlerer Anteil	Maximaler Anteil
	[%]	[%]	[%]
Vanilleextrakt	0,00	0,05	0,10
Natürliches Aroma	0,00	0,05	0,15
Künstliches Aroma	0,00	-	0,10
Saccharose	0,00	6,00	12,00
Aspartam	0,00	0,05	0,10

Sollten die Vorversuche ergeben, dass ein Saccharosegehalt von zwölf Prozent (Tabelle 3) nicht ideal ist, werden auch die Anteile in den Hauptversuchen angepasst.

Die Dosierempfehlung des Herstellers beträgt für das Extrakt 0,05 % bis 0,10 %. Vom natürlichen Aroma sollten bis zu 0,15 % zugegeben werden. Für das künstliche Aroma liegt die Empfehlung bei 0,06 %.

Außer beim künstlichen Aroma wird jeweils zwischen drei Konzentrationen variiert. Letzteres ist ein kategorischer Parameter, es wird entweder gar nicht zugegeben oder mit einem Anteil von 0,10 %. Ansonsten wäre die Anzahl der Versuche zu groß.

Die erlaubte Höchstmenge von Aspartam in Speiseeis beträgt 800 mg/ l, das entspricht 0,08 % (Verordnung über die Zulassung von Zusatzstoffen zu Lebensmitteln zu technologischen Zwecken, idF v. 30.09.2008). Zum Mix werden bis zu 1.000 mg/ kg zugegeben. Allerdings wird während des Gefrierens über 100 % Luft eingeschlagen. So wird der Anteil auf unter 500 mg/ l reduziert und entspricht der zugelassenen Menge.

Die Anteile von Magermilchpulver (MMP) und Glucosesirup werden so angepasst, dass die Rezepturen immer 100 % entsprechen. So wird bei einer geringeren Konzentration von Saccharose der Feststoffanteil angepasst. Ersatzstoffe, wie in anderen Studien, werden nicht zugegeben.

Es wurde ein teilfaktorielles Versuchsdesign mit ECHIP erstellt. Wiederholungen waren nicht vorgesehen. Es wurden alle Versuche gelöscht, bei denen jede der drei Aromaarten auf 0,00 % gesetzt wurde. Dies wäre Eiscreme ohne eine bestimmte Geschmacksrichtung, in der Arbeit sollen aber Vanilleeiscremes untersucht werden. Ebenso wurden alle Versuche gelöscht, bei denen alle drei Aromen zugegeben werden sollten. So können die Wechselwirkungen zwischen zwei Aromaarten besser untersucht werden. Die endgültige Anzahl an Hauptversuchen ist 25. Tabelle 5 zeigt im Anhang den Versuchsplan.

Die Reihenfolge, wie sie von ECHIP vorgegeben wurde, wurde leicht geändert. Die Produkte werden unter anderem mit Rangordnungsprüfungen ausgewertet. Um Lagereinflüsse bei diesen Untersuchungen zu vermeiden, wurde die Abfolge so verändert, dass die Proben einer Prüfung direkt hintereinander hergestellt werden.

Die Herstellung erfolgt wie im vorherigen Kapitel beschrieben. Die Aromen werden erst nach dem Reifen zum Mix gegeben. Dazu wird die genaue Masse an pasteurisiertem Eismix ermittelt bevor er in den Reifetank gegeben wird. Darauf wird dann die Menge an Aromen bezogen.

Nach dem Abfüllen werden die Becher mit Plastikdeckeln verschlossen und in einer Tiefkühltruhe mit einer Temperatur von -34 °C schnell tiefgefroren. Aus Platzgründen müssen die Proben am nächsten Tag in eine weitere Tiefkühltruhe umgelagert werden. Diese hat eine Temperatur

von -28 °C, was ausreichend ist, um eine Produkttemperatur von maximal -20 °C zu gewährleisten. Hier verbleiben die Eiscremes bis zur Verkostung.

Die ersten 15 Hauptversuche werden vom Freezer aus in durchsichtige 125-ml-Becher gefüllt. Da diese Behälter nicht mehr nachbestellt werden können, werden ab dem 16. Durchgang, Versuch 19, weiße 150-ml-Becher genutzt. Um Einflüsse der Verpackung auf die sensorische Bewertung ausschließen zu können, werden keine Prüfungen mit beiden Bechersorten zusammen durchgeführt.

Alle Behälter sind mit dreistelligen Zufallszahlen beschriftet, wobei jede Sorte unterschiedlich beschriftet ist.

3.4.2 Vanilleeiscreme mit Neohesperidin

Unabhängig von den Versuchen mit Aspartam, wird einmal Vanilleeiscreme mit Neohesperidin gesüßt. Bisher wurden keine Studien veröffentlicht, in denen Speiseeis mit diesem Süßstoff hergestellt wurde.

Tabelle 6 zeigt die Anteile der eingesetzten Aromen und Süßungsmittel:

Tab. 6: Vanilleeiscreme mit Neohesperidin

Versuch	Extrakt [%]	Natürlich [%]	Künstlich	Saccharose [%]	Neohesperidin [%]
N	0,05	0,00	Ja	6,00	0,01

Das Eis wird mit 0,01 %, also 100 mg Neohesperidin/ kg Speiseeis gesüßt. Bei einem Aufschlag von 100 % entspricht dies der erlaubten Höchstmenge von 50 mg/ l (Verordnung über die Zulassung von Zusatzstoffen zu Lebensmitteln zu technologischen Zwecken, idF v. 30.9.2008). Analog zu den Vorversuchen und den weiteren Hauptversuchen gilt als Zielwert für den Aufschlag 120 %.

Die Herstellung der Eiscreme erfolgt wie in Kapitel 3.3 beschrieben. Auch bei diesem Eis werden die Aromen erst am Ende der Reifezeit zugegeben. Es wird direkt vom Freezer aus in 150-ml-Becher abgefüllt. Diese sind mit einer dreistelligen Zufallszahl beschriftet. Die Proben werden zuerst bei -34 °C tiefgefroren und dann bei -28 °C gelagert.

Der Versuch wird mittels hedonischer Prüfung zusammen mit Eisproben der weiteren Hauptversuche bewertet. Neohesperidin kann allerdings einen langanhaltenden Nachgeschmack hervorru-

fen. Um eine Beeinflussung in der Bewertung der weiteren Proben zu verhindern, wird diese Eiscreme als letztes verkostet.

3.5 Berechnung des Aufschlags

Der Aufschlag gibt die prozentuale Zunahme des Volumens vom Eismix an. Er ist ein Maß für die Menge an eingearbeitete Luft im Speiseeis. Ein Aufschlag von 100 % bedeutet, dass die Eiscreme ein doppelt so großes Volumen wie der flüssige Eismix hat.

Der Aufschlag wird von allen hergestellten Eisvarianten berechnet. Dazu wird ein Becher luftfrei bis zum Rand mit Mix gefüllt und gewogen. Das Leergewicht des Bechers wird abgezogen. Über die Masse und das Volumen der Probe kann die Dichte vom Eismix berechnet werden (Formel 1):

$$\text{Dichte} = \frac{M}{V} \text{ g/ml}$$

Formel 1: Berechnung der Dichte (Timm, 1985)

M: Masse

V: Volumen

Eiscreme wird beim Austritt aus dem Freezer in den gleichen Becher gefüllt und ebenfalls gewogen. Nun kann der Aufschlag, nach Formel 2, berechnet werden (Timm, 1985).

$$\text{Aufschlag [\%]} = \frac{V_{\text{Eis}} [\text{ml}] \times \text{Dichte}_{\text{Mix}} \left[\frac{\text{g}}{\text{ml}} \right] \times 100 \%}{M_{\text{Eis}} [\text{g}]} - 100$$

Formel 2: Berechnung des Aufschlags (Timm, 1985)

3.6 Sensorische Beurteilung

Die hergestellten Vanilleeisproben werden mittels hedonischer Prüfungen, Rangordnungsprüfungen und einer Profilprüfung bewertet.

3.6.1 Hedonische Prüfung

Alle Versuche werden in hedonischen Prüfungen auf ihre Verbraucherbeliebtheit untersucht. Die Verkostungen finden in Einzelprüfungen bei der LUFA durch Mitarbeiter und Auszubildende des Berufs milchwirtschaftliche Laboranten statt. Diese sind nicht in der Sensorik geschult.

Von den Vorversuchen wird zuerst nur eine Probe verkostet. So kann schneller untersucht werden, inwieweit die Rezeptur oder Einstellungen der Anlagen verändert werden müssen. Je nach den Ergebnissen werden eventuell weitere Vorversuche durchgeführt. Diese können dann zusammen geprüft werden.

Bei den Hauptversuchen werden in jeder Prüfung mehrere Proben verkostet. Die Verkostung erfolgt in der Reihenfolge, wie die Eiscremes hergestellt wurden. Da die Versuche in zwei unterschiedlichen Bechern abgefüllt werden müssen, werden diese so aufgeteilt, dass die Verpackung keinen Einfluss auf die Bewertung haben kann. Es werden zuerst zwei Prüfungen mit den Klar-sichtbechern durchgeführt. Im späteren Verlauf werden in zwei Prüfungen die restlichen Versuche beurteilt. Tabelle 7 zeigt die entsprechende Aufteilung der Hauptversuche. Die Zahlen beziehen sich auf die Versuchsnummern des Versuchsplans von ECHIP (Tabelle 5 im Anhang). Versuch N wurde mit Neohesperidin gesüßt.

Tab. 7: Aufteilung der Hauptversuche für die hedonischen Prüfungen

	1. Prüfung	2. Prüfung	3. Prüfung	4. Prüfung
	16	7	19	12
	14	15	25	18
	3	11	23	20
	4	8	17	13
	5	2	22	10
	6	9		N
	21	24		
	1			
Probenanzahl	8	7	5	6

Die Prüfpersonen bekommen ein Prüfprotokoll, auf dem zuerst kurz erläutert wird, wie der Bogen auszufüllen ist. Dies wird auch mündlich erklärt. Sie werden gebeten, den Gesamteindruck der Proben mit 1 bis 5 Punkten durch Ankreuzen zu bewerten. Danach sollen die Prüfpersonen einzeln den Geschmack und das Aussehen bewerten. Tabelle 8 zeigt die verbalen Erklärungen der einzelnen Punkte, wie sie auch im Prüfprotokoll aufgeführt sind.

Tab. 8: Bedeutung der Skalenpunkte

Punkte	Verbale Erklärung
1	Missfällt sehr
2	Missfällt
3	Weder missfällt, noch gefällt
4	Gefällt
5	Gefällt sehr

Für jede Prüfung gibt es zwei unterschiedliche Protokolle. Sie unterscheiden sich in der Reihenfolge der Proben und werden abwechselnd ausgegeben. So wird ausgeschlossen, dass eine Prüfperson von einem Nachbarn abschreiben kann.

Jeder Versuch ist mit einer einmaligen dreistelligen Zufallszahl gekennzeichnet. Diese sind sowohl auf den Probengefäßen als auch auf den Protokollen angegeben. Die Reihenfolge der Proben während einer Verkostung ist zufällig und variiert zwischen den Prüfpersonen.

Die Eiscremes werden in Portionsbecher abgefüllt und bei maximal -28 °C gelagert. Vor der Verkostung ruhen die Proben zehn Minuten bei Zimmertemperatur, da die Produkttemperatur sonst zu niedrig wäre. Sie hat großen Einfluss auf die Eigenschaften, daher muss sie regelmäßig überprüft werden und bei allen Sorten übereinstimmen. Die Proben werden in den verschlossenen Bechern ausgeteilt.

Ein sensorisches Labor mit Einzelkabinen ist nicht vorhanden. Die Prüfungen finden stattdessen an Einzeltischen statt. Diese sind zwar nicht voneinander abgetrennt, bieten den Prüfern aber ausreichend Platz, sodass sie sich nicht gegenseitig beeinflussen. Die Anforderungen der Norm DIN 10962 (1997) über Prüfbereiche für sensorische Prüfungen werden eingehalten.

Um statistisch sichere Ergebnisse zu erhalten, sollten jeweils mindestens 50 Prüfpersonen befragt werden (Drake, 2007). Dies ist allerdings aus personellen Gründen schwer zu realisieren.

Bei der ersten Verbraucherbefragung dieser Art ist zusätzlich ein Fragebogen auszufüllen. Auch hier werden die Antworten nur angekreuzt. Es wird zuerst nach den Verzehrshäufigkeiten von Speiseeis und von anderen Süßwaren gefragt. Die Antwortmöglichkeiten sind jeweils „Weniger

als einmal im Monat“, „Ein- bis dreimal im Monat“, „Einmal die Woche“ und „Mehrere Male die Woche“. Um zu betrachten, ob Essensgewohnheiten einen Einfluss auf die Geschmackswahrnehmung haben, wird auch danach gefragt, ob die Prüfpersonen Kaffee oder Tee ungesüßt, mit Zucker gesüßt, mit Süßstoff gesüßt oder gar nicht trinken. Zudem wird nach dem Geschlecht und dem Alter gefragt. Das Alter wird in die Stufen „unter 26“, „26 bis 39“, „40 bis 59“ und „60 und älter“ unterteilt. So können die Ergebnisse auf einzelne Verbrauchergruppen bezogen werden. Ein Muster eines Prüfprotokolls mit drei Proben und dem Fragebogen ist im Anhang in Abbildung 7 zu sehen.

3.6.2 Rangordnungsprüfung

Die Rangordnungsprüfungen werden entsprechend der Norm ISO 8587 (2003) durchgeführt. Die neue Norm ersetzt die DIN 10963 von 1997. Die Prüfungen werden zweimal ausgeführt. Bei beiden Prüfungen werden die Proben nach den gleichen Kriterien in Rangfolgen gebracht: Die Intensität des Vanillearomas, die Intensität der Süße, die Beliebtheit des Geschmacks und die Beliebtheit des Mundgefühls.

In der ersten Prüfung werden fünf Versuche mit unterschiedlichen Aromazusammensetzungen verglichen (Tabelle 9). Diese Proben sind alle ausschließlich mit Saccharose gesüßt. An einem zweiten Termin werden vier Proben mit unterschiedlichen Saccharose- und Aspartamgehalten gegenübergestellt (Tabelle 10). Hierbei ist die Aromazusammensetzung konstant.

Tab. 9: Erste Rangordnungsprüfung

Trial	Extrakt [%]	Natürlich [%]	Künstlich	Saccharose [%]	Aspartam [%]
3	0,10	0,00	Ja	12,00	0,00
4	0,10	0,00	Nein	12,00	0,00
5	0,00	0,15	Ja	12,00	0,00
6	0,00	0,15	Nein	12,00	0,00
21	0,00	0,00	Ja	12,00	0,00

Tab. 10: Zweite Rangordnungsprüfung

Trial	Extrakt [%]	Natürlich [%]	Künstlich	Saccharose [%]	Aspartam [%]
21	0,00	0,00	Ja	12,00	0,00
1	0,00	0,00	Ja	0,00	0,00
7	0,00	0,00	Ja	0,00	0,10
15	0,00	0,00	Ja	6,00	0,05

So können die Einflüsse der Aromen und der Süßungsmittel auf die sensorischen Eigenschaften von Vanilleeiscreme getrennt betrachtet werden.

Beide Rangordnungsprüfungen werden mit 15 bis 20 Prüfpersonen durchgeführt. Sie bekommen eine kurze Einweisung zu den Produkten und der Aufgabe und füllen dann in Einzelprüfungen den Prüfbogen aus. Auf diesem ist ebenfalls eine kurze Anleitung abgedruckt. Die dreistelligen Zufallszahlen zur Verschlüsselung der Proben sind bereits eingetragen, sodass die Prüfer nur den Rangplatz anzugeben brauchen. Ein Muster des Protokolls ist im Anhang in Abbildung 8 dargestellt.

Kann kein Unterschied festgestellt werden, können Verbundränge vergeben werden. Dann wird der Mittelwert aus den entsprechenden Rangplätzen aufgeschrieben. Beispielsweise wird bei den Rängen 1 und 2 der Verbundrang 1,5 an zwei Proben vergeben.

Die Prüfpersonen verkosten die Proben in unterschiedlicher Reihenfolge, die Becher werden in zufälliger Folge verteilt. Rückkosten ist erlaubt. Zur Neutralisation der Geschmackseindrücke ist Mineralwasser vorhanden. Wie bei der hedonischen Prüfung ruhen die Proben vor der Verkostung zehn Minuten bei Zimmertemperatur. Sie werden dann in den verschlossenen Bechern ausgegeben. Die Rangordnungsprüfungen finden ebenfalls an Einzeltischen statt.

3.6.3 Profilprüfung

Aus den Ergebnissen der hedonischen Prüfungen werden Proben ausgewählt, die mittels eines Konsensprofils miteinander verglichen und genauer beurteilt werden. Da in den Versuche drei verschiedene Aromaarten und zwei unterschiedliche Süßstoffe eingesetzt werden, werden fünf Proben in der Profilprüfung untersucht. Die Produkte werden so ausgewählt, dass untersucht werden kann, welche Variablen die Eigenschaften der Eiscremes und die Verbraucherbeliebtheit wie beeinflussen. Die Methode wird in der Norm DIN 10967-2 (2000) beschrieben.

Die Prüfungen werden an insgesamt vier Terminen beim ttz in Bremerhaven durchgeführt. Dies ist ein Forschungsdienstleister, um Produkte oder Prozesse der Lebensmittel- und Kosmetikindustrie zu verbessern oder neu zu entwickeln.

Die Proben werden in Bezug auf Aussehen, Geschmack, Mundgefühl, Nachgeschmack und Nachgefühl beschrieben. Für die Bewertung von Nachgeschmack und Nachgefühl wird nach dem Herunterschlucken eine Zeit von 30 Sekunden gestoppt.

Das Panel besteht aus sechs Prüfern. Sie sind alle nach DIN 10961 (1996) geschult und besitzen zwischen einem und zehn Jahren Erfahrung in der sensorischen Analyse mit Profilprüfungen. Sie haben dabei unterschiedliche Lebensmittel untersucht, unter anderem Speiseeis.

Begleitet wird das Panel von einer Moderatorin. Sie leitet die Schulungen und die Durchführung der Prüfungen. Wie auch die Prüfer hat sie keine Kenntnisse darüber, inwieweit sich die Rezepturen der zu untersuchenden Proben unterscheiden.

Die Proben werden für jede Sitzung mit unterschiedlichen dreistelligen Zufallszahlen beschriftet. Um die Leistungen der Prüfer beurteilen zu können, wird eine Eiscreme als Doppelprobe zweimal verkostet. Sie wird ebenfalls mit zwei unterschiedlichen Zufallszahlen ausgegeben.

Die Eiscremes werden, analog zu den hedonischen Prüfungen, rechtzeitig aus der Tiefkühltruhe entnommen und bei Zimmertemperatur akklimatisiert. Zum Neutralisieren der Geschmackseindrücke wird Leitungswasser und salzfreies Weißbrot gereicht.

Am ersten Termin können sich die Prüfer mit zwei kommerziellen Vanilleeis und verschiedenen Referenzstoffen einschmecken. Dazu stehen die in den Versuchen eingesetzten Aromen, Süßstoffe und das Butterschmalz zur Verfügung, außerdem Vanillinzucker, Bourbon-Vanillezucker, gemahlene Vanilleschote, Saccharose, eine Cyclamat-Saccharin-Mischung, haltbare Vollmilch, frische Vollmilch, Sahne und Butter.

Es werden zuerst eine ökologisch erzeugte Vanilleeiscreme ohne künstliche Aromen und ein Speiseeis mit entrahmter Milch, Pflanzenfett, Bourbon-Vanilleextrakt und Aromen verkostet. Zu jeder Probe sammeln die Prüfer Begriffe. Diese werden dann in einer Gruppensitzung zusammengestellt.

Desweiteren werden an diesem Termin die beiden ersten eigenen Versuche in Einzelprüfungen verkostet und ebenfalls Begriffe dazu gesammelt. Die Einzelprüfungen finden in getrennten Kabinen statt. Sie sind entsprechend der DIN 10962 (1997) eingerichtet.

Da die Unterscheidung zwischen den verschiedenen Vanillearomen sehr schwierig ist, wird dies am zweiten Termin nochmals mittels der Referenzstoffe geübt. Desweiteren werden die drei weiteren Versuche in Einzelprüfungen verkostet und beschreibende Begriffe zu allen Merkmalen gesammelt.

In der dritten Sitzung werden alle bis dahin gefundenen Attribute auf eine praktikable Anzahl reduziert. Es werden Synonyme oder gegensätzliche Begrifflichkeiten gestrichen und Attribute, mit denen nicht zwischen den Eissorten unterschieden werden kann.

Im weiteren Verlauf wird mit der Profilierung der fünf Proben begonnen. An diesem Termin werden die Intensitäten für das Merkmal Geschmack im Konsens festgelegt. Dazu erhält jeder Prüfer die gleiche Menge an Probe, alle fünf Sorten und die Doppelprobe zusammen. Sie sind in gleiche Glasbehälter gefüllt, welche mit Zufallszahlen beschriftet sind und in zufälliger Reihenfolge ausgeteilt werden. Die Prüfung erfolgt als Gruppenprüfung.

Die Intensitäten werden von Hand auf einer 15 cm langen Skale eingetragen. Das linke Ende ist mit „gar nicht“ gekennzeichnet, das rechte Ende mit „sehr“. Zur Einteilung der Skale sind 0 %, 25 %, 50 %, 75 % und 100 % der Skalenlänge markiert. Für jedes Attribut steht eine Skale zur Verfügung. In dieser werden die Ergebnisse aller Proben mittels der Codenummern eingetragen. Es wird dabei ein Prozentwert zwischen 0 % und 100 % festgelegt.

Da das Eis bei Zimmertemperatur schmilzt, werden nach etwa der Hälfte der bewerteten Attribute neue Proben ausgeteilt. Die Zufallszahlen bleiben dabei gleich.

Am letzten Termin werden die Intensitäten für die Merkmale Aussehen, Mundgefühl, Nachgeschmack und Nachgefühl festgelegt. Die Durchführung erfolgt analog zur vorherigen Sitzung. Es werden für jede Probe und für die Doppelprobe neue dreistellige Zufallszahlen vergeben.

3.7 Auswertung und statistische Ergebnisbetrachtung

Die Versuche werden mit dem Ziel ausgewertet, Zusammenhänge zwischen der Aromazusammensetzung, dem Süßungsmittel und den Eigenschaften der Vanilleiscremes zu untersuchen.

Dazu zählt, neben der Sensorik, auch der Energiegehalt. Denn eine steigende Zahl an Verbrauchern achtet beim Kauf auf den Brennwert der Produkte.

Brennwert:

Über die Zusammensetzung der einzelnen Inhaltsstoffe (Tabelle 2) können der Kohlenhydrat-, Protein-, Fett- und Energiegehalt aller Eiscremeproben pro 100 Gramm berechnet werden. Dazu wird die Formel 3 genutzt.

$$\text{Gehalt im Eis} = \frac{(\text{Komponente}_1 \cdot \text{Anteil} + \text{Komponente}_2 \cdot \text{Anteil} + \dots + \text{Komponente}_n \cdot \text{Anteil})}{100}$$

Formel 3: Berechnung der Zusammensetzung der Eiscreme

Entsprechend dem Nährstoff oder dem Brennwert, der ausgerechnet werden soll, werden die Gehalte jeder Komponente und deren prozentualen Anteile im Speiseeis in die Formel eingetragen.

Eine Portion wird in der Regel mit 100 ml angegeben, daher werden die Daten über die Dichte der Eiscreme in die Volumeneinheit umgerechnet (Formel 4):

$$\text{Gehalt}/100 \text{ ml} = \frac{M_{\text{Eis}}[\text{g}]}{V_{\text{Eis}}[\text{ml}]} \times \text{Gehalt}/100 \text{ g}$$

Formel 4: Nährstoff oder Brennwert pro 100 ml

Wird die Masse der Eiscreme in einer Mehrfachmessung bestimmt, wird für jede Messung die Dichte und der Energiegehalt pro 100 ml berechnet. Folgendermaßen erhält man für jeden Versuch mehrere Ergebnisse und es können Varianzanalysen durchgeführt werden.

So können konventionell gesüßtes Eis und Eis mit Süßstoff pro Portion verglichen werden.

Varianzanalyse (ANOVA):

Mit Hilfe der Tabellenkalkulation Excel (Microsoft, 2007) werden einfaktorielle Varianzanalysen durchgeführt. So wird überprüft, ob ein Faktor, wie Süßungsmittel oder Aromazusammensetzung, auf eine Variable, die Messwerte enthält, Einfluss hat. In Bezug auf die gegenwärtigen Versuche wird untersucht, ob es signifikante Unterschiede zwischen den Vanilleeisproben gibt. Eine ANOVA wird durch die Berechnung des F-Wertes durchgeführt, dieser wird über die Varianzen s^2 der betreffenden Parameter berechnet (Monka u. a., 2005; Formeln 5 und 6).

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}$$

Formel 5: Varianz (Monka u. a., 2005)

n: Stichprobenumfang

x_i : Einzelner Messwert

\bar{x} : Mittelwert

$$F = \frac{n_1 * n_2 * (\bar{x}_1 - \bar{x}_2)^2}{n_1 * s_1^2 + n_2 * s_2^2}$$

Formel 6: F-Wert für ANOVA (Monka u. a., 2005)

Dabei ist das Ergebnis bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit p unter 0,05 signifikant (*), unter 0,01 hoch signifikant (**) und unter 0,001 höchst signifikant (***).

Wenn allgemeine Unterschiede zwischen den Proben bestehen, wird als weiterer Schritt ein Post-hoc-Test durchgeführt. Es werden alle möglichen Probenpaare betrachtet, um genauer zu untersuchen, welche der Versuche sich signifikant unterscheiden. Hierfür wird der Test nach Tukey durchgeführt.

Dazu wird der Wert D_α^{il} berechnet (Formel 7) und mit der Differenz der Mittelwerte der entsprechenden Proben verglichen.

$$D_\alpha^{il} = \alpha_{m_1, m_2; 1-\alpha} \sqrt{\frac{MQ_1}{2}} \sqrt{\frac{1}{n_i} + \frac{1}{n_l}}$$

Formel 7: D_α^{il} für Tukey-Test (Storm, 1995)

$\alpha_{m_1, m_2; 1-\alpha}$: Kritischer Wert aus Tabelle

MQ_1 : Varianz innerhalb der Gruppen, aus ANOVA

Bei Betrachtung des kritischen Wertes ist zu beachten, dass m_1 der Probenanzahl entspricht. m_2 ist die Summe aller Stichprobenumfänge minus der Probenanzahl. Wurden also beispielsweise drei Proben von jeweils acht, zehn und zwölf Prüfern untersucht, so ist $m_1 = 3$ und $m_2 = (8 + 10 + 12) - 3 = 27$.

Ist D_α^{il} kleiner als die Differenz zwischen den Mittelwerten, so besteht zwischen diesem Probenpaar ein signifikanter Unterschied ($p \leq 0,05$) (Storm, 1995).

Hedonische Prüfung:

Alle Hauptversuche werden mit einer hedonischen Prüfung bewertet. Von den Ergebnissen werden unter anderem die Mittelwerte (Formel 8) und Standardabweichungen (Formel 9) berechnet (Monka u. a., 2005).

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

Formel 8: Mittelwert (Monka u. a., 2005)

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n x_i^2 - \bar{x}^2}$$

Formel 9: Standardabweichung (Monka u. a., 2005)

Desweiteren werden die Ergebnisse mit Varianzanalysen und Tukey-Tests ausgewertet. Es wird dabei zwischen den Merkmalen Gesamteindruck, Geschmack und Aussehen unterschieden.

Den Prüfpersonen werden zusätzlich Fragen zur Verzehrshäufigkeit, dem Geschlecht und dem Alter gestellt. Über die Antworten können die Verbraucher in Gruppen eingeteilt werden, beispielsweise Männer und Frauen. So kann die Bewertung der Eiscreme auf die weiteren Faktoren bezogen werden.

Rangordnungsprüfung:

Es werden zwei Rangordnungsprüfungen durchgeführt. Diese werden beide nach Friedman ausgewertet.

Mit der Formel 10 wird der Friedman-Wert F ausgerechnet:

$$F = \frac{12}{n \times k \times (k + 1)} (R_1^2 + R_2^2 + \dots + R_k^2) - 3 \times n \times (k + 1)$$

Formel 10: Friedman-Wert F (DIN 10963, 1997)

n: Anzahl Prüfpersonen

k: Anzahl Prüfproben

R: Rangsumme der Prüfprobe

Konnte von Prüfpersonen zwischen einigen Produkten kein Unterschied festgestellt werden, sodass sie Verbundränge vergaben, muss der F-Wert korrigiert werden. Dies wird über den Korrekturfaktor E berechnet (Formeln 11 und 12):

$$E = (t_1^3 - t_1) + (t_2^3 - t_2) + \dots + (t_i^3 - t_i)$$

Formel 11: Korrekturfaktor E (DIN 10963, 1997)

t: Anzahl der Verbundränge einer Prüfperson

$$F' = \frac{F}{1 - \frac{E}{(n \times k \times (k^2 - 1))}}$$

Formel 12: Korrigierter F'-Wert (DIN 10963, 1997)

Der F-Wert oder der korrigierte F'-Wert wird mit dem kritischen Wert der Tabelle 3 der Norm DIN 10963 (1997) verglichen. Er ist abhängig von der Anzahl der Prüfpersonen, der Anzahl der Proben und der gewünschten statistischen Sicherheit (Irrtumswahrscheinlichkeit). Die für diese Studie ausschlaggebenden kritischen Werte zeigt die Tabelle 11.

Tab. 11: Kritische Werte des Friedman-Tests (DIN 10963, 1997)

	p = 0,05		p = 0,01	
	4 Proben	5 Proben	4 Proben	5 Proben
Ab neun Prüfpersonen	7,81	9,49	11,34	13,28

Ist der errechnete Wert gleich groß oder größer als der entsprechende kritische Tabellenwert, bestehen zwischen den Proben allgemeine Unterschiede.

Wenn allgemeine Unterschiede vorhanden sind, können über die Rangsummen paarweise Unterschiede identifiziert werden. Dies geschieht mit Hilfe der Formel 13:

$$|R_A - R_B| \geq x \times \sqrt{\frac{n \times k \times (k + 1)}{6}}$$

Formel 13: Paarweiser Vergleich der Proben (DIN 10963, 1997)

x: Faktor für Irrtumswahrscheinlichkeit

Für eine Irrtumswahrscheinlichkeit von fünf Prozent wird für x 1,960 eingesetzt. Für eine Irrtumswahrscheinlichkeit von einem Prozent muss 2,576 eingesetzt werden. Ist die Differenz zwischen den Rangsummen größer oder gleich groß als der berechnete Wert, besteht zwischen dem Probenpaar ein signifikanter Unterschied (DIN 10963, 1997; ISO 8587, 2003).

Profilprüfung:

Die Ergebnisse der Konsensprofilprüfung werden grafisch ausgewertet. Dabei wird vor allem darauf geachtet, durch welche Attribute sich die Proben voneinander unterscheiden. Dazu wird eine Hauptkomponentenanalyse mit Hilfe der Software PanelCheck (Nofima, 2010) durchgeführt. Durch diese Analyse werden die hochdimensionalen Daten aller Attribute und Proben in einem Koordinatensystem dargestellt und so Unterschiede und Ähnlichkeiten zwischen den Produkten deutlich. Letztendlich können so Zusammenhänge zwischen den Eigenschaften der Eissorten und der Beliebtheit bei den Verbrauchern ermittelt werden.

Ob das Panel ausreichend geschult war, lässt sich durch Auswertung der Doppelprobe prüfen.

4 Ergebnisse

Vor einer Interpretation werden alle durchgeführten Versuche und die erlangten Ergebnisse in diesem Kapitel beschrieben.

Vor den eigentlichen Hauptversuchen wurden mehrere Eiscremes in Vorversuchen hergestellt, diese werden unter 4.1 beschrieben. Die Herstellung der Proben der Hauptversuche wird im Kapitel 4.2 dargestellt. Von allen Eiscremes der Hauptversuche wurden der Aufschlag (Kapitel 4.3) und die Zusammensetzung (Kapitel 4.4) berechnet.

Alle Eiscremes wurden mittels hedonischer Prüfungen bewertet, dessen Ergebnisse werden im Kapitel 4.5.1 beschrieben. Die Ergebnisse der Rangordnungsprüfungen sind unter 4.5.2 dargestellt und die Ergebnisse der Profilprüfung unter 4.5.4.

Während der Verbraucherbefragung füllten alle Prüfpersonen einen Fragebogen aus. Dessen Ergebnisse werden im Kapitel 4.6 beschrieben.

4.1 Vorversuche

Insgesamt wurden vier Vorversuche durchgeführt, um eine optimale Grundrezeptur zu entwickeln.

4.1.1 Erster Vorversuch

Die Herstellung der ersten Eiscreme erfolgte mit wenigen Ausnahmen wie in Kapitel 3.3 beschrieben. Der Mix konnte nach dem Ansetzen aus zeitlichen Gründen nicht am gleichen Tag durch die Multifunktionsanlage gefahren werden. Er wurde daher über Nacht in einem Kühlraum bei etwa acht Grad Celsius gelagert.

Da sich in dieser Zeit Fett oben auf der wässrigen Phase abgesetzt hatte und wieder fest geworden war, wurde der Eismix erneut in einem Wasserbad erwärmt und solange gerührt, bis das Butterschmalz komplett flüssig war. Daraufhin wurde der Mix in der Multifunktionsanlage homogenisiert und pasteurisiert.

Obwohl der letzte Wärmetauscher auf eine Produktendtemperatur von acht Grad Celsius eingestellt war, hatte der Mix beim Verlassen der Anlage etwa 20 °C. Vermutlich wird es am hohen Fettgehalt liegen. Er verschlechtert den Wärmeübergang im Produkt, sodass die Kühlleistung der Multifunktionsanlage nicht mehr ausreichte.

Acht Liter Eismix wurden in den Reifetank gefüllt und mittels Eiswasser schnell auf vier Grad Celsius herunter gekühlt. Da das Produkt erst einen Tag später als geplant durch die Multifunktionsanlage gefahren wurde, konnte es vor dem Gefrieren nur drei Stunden reifen. Die Einstellungen des Freezers wurden nicht verändert.

Der Aufschlag war auf 120 % eingestellt. Der tatsächliche Aufschlag wurde mit Hilfe der Formeln 1 und 2 (Kapitel 3.6) berechnet. 150 ml Eismix wogen 175,65 g, 150 ml Eiscreme 89,25 g. Dies entspricht einem Aufschlag von nur 96,6 %. Der Zielwert wurde also nicht erreicht.

Nach dem Abfüllen wurde die Eiscreme bei -34 °C gelagert. Die Verkostung fand am nächsten Tag statt. Aus zeitlichen Gründen wurde die Probe nur in Bezug auf ihren Gesamteindruck bewertet. Da nur dieser Versuch beurteilt wurde, waren die Becher nicht mit einer Zufallszahl beschriftet, sondern lediglich mit „Versuch Eiscreme“.

Die Eisbecher wurden zehn Minuten vor der Verkostung aus der Tiefkühltruhe genommen und bei Zimmertemperatur aufbewahrt. Für die Prüfung wurden die Proben in den geschlossenen Behältern zusammen mit Teelöffeln und einem Prüfprotokoll ausgeteilt. Die Prüfer wurden nach einer kurzen Einweisung gebeten den Gesamteindruck mit 1 bis 5 Punkten zu bewerten. Sie hatten zusätzlich die Möglichkeit Kommentare aufzuschreiben.

Insgesamt nahmen 56 Personen an der Verkostung teil. Im Durchschnitt wurden 2,9 Punkte vergeben ($s = \pm 0,78$). Tabelle 12 zeigt die genaue Verteilung der Punkte.

Tab. 12: Hedonische Prüfung des ersten Vorversuchs

Punkte	Absolute Anzahl	Prozentuale Anzahl [%]
1 (Missfällt sehr)	0	0,0
2 (Missfällt)	19	33,9
3 (Weder missfällt, noch gefällt)	22	39,3
4 (Gefällt)	15	26,8
5 (Gefällt sehr)	0	0,0
	56	100,0

Mit knapp 27 % wurde das Ziel, dass mindestens die Hälfte der vergebenen Noten im Gefallen-Bereich liegt, nicht erreicht.

Anhand der Kommentare war zu erkennen, dass es für die Prüfpersonen hauptsächlich zwei Kritikpunkte an der Probe gab. Zum Einen wurde bemängelt, dass das Eis zu wenig Geschmack hatte, bzw. nur nach Milch oder Rahm schmeckte. Dies wurde erwartet, auch wenn die Prüfer vor der Verkostung darauf aufmerksam gemacht wurden, dass es sich bei dem Speiseeis um Eiscreme handelte, dem keine Aromen zugesetzt wurden.

Trotzdem kritisierten ein paar Prüfer, dass das Eis zu wenig nach Vanille schmecken würde. Die Erwartung auf ein Vanilleeis wurde vermutlich durch das Aussehen hervorgerufen. Daher muss-

te bei der Verkostung der nächsten Vorversuche noch deutlicher gemacht werden, dass keine Aromen zugegeben wurden.

Die meisten der weiteren Kommentare bezogen sich auf die Konsistenz und das Mundgefühl. Viele fanden die Eiscreme zu fest oder nicht cremig genug. Zudem waren die Proben bei der Verkostung noch sehr kalt. Die Lagerzeit bei Zimmertemperatur wurde daher bei den nächsten Prüfungen auf 15 Minuten verlängert.

Ausgehend von diesen Ergebnissen wurden weitere Vorversuche durchgeführt, in denen einige Änderungen vorgenommen wurden.

4.1.2 Weitere Vorversuche

Es wurden drei weitere Vorversuche durchgeführt, die zusammen in einer hedonischen Prüfung verkostet wurden. Dessen Ergebnisse werden im Kapitel 4.1.3 beschrieben.

Zweiter Vorversuch:

Für den zweiten Vorversuch wurde nochmals die Rezeptur nach Tabelle 3 genutzt. Die Herstellung des Mixes wurde genauso wie in Kapitel 3.3 beschrieben durchgeführt. Er ruhte nach dem Einrühren lediglich eine Stunde im Wasserbad und wurde dann durch die Multifunktionsanlage gefahren. Der Mix reifte daraufhin für 25 Stunden im Reifetank und wurde dabei kontinuierlich bei vier Grad Celsius gerührt.

Die Einstellungen des Freezers wurden vom ersten Vorversuch übernommen, nur der Soll-Wert für den Aufschlag wurde auf 150 % erhöht. Da der tatsächliche Wert in der Regel schlechter ausfällt, sollte so ein Aufschlag von etwa 120 % realisiert werden können.

Die Eiscreme wurde in Becher abgefüllt, welche mit einer dreistelligen Zufallszahl und „Versuch Eiscreme“ beschriftet wurden. Diese wurden bis zur Verkostung bei -34 °C gelagert.

Der Aufschlag wurde analog zum ersten Vorversuch berechnet. 150 ml Mix wogen 169,7 g, die Dichte lag somit bei 1,13 g/ml. Die Eiscremeprobe hatte bei gleichem Volumen eine Masse von 68,4 g. Der Aufschlag lag mit 148,1 % beinahe beim eingestellten Sollwert.

Dritter Vorversuch:

Für die nächsten Versuche wurde die Freezer-Einstellung mit 150 % Aufschlag übernommen. Die Rezeptur wurde insoweit verändert, dass statt der einzelnen Stabilisatoren und des Emulgators die fertige Mischung Stabimuls IC 203G der Firma Hydrosol eingesetzt wurde. Diese enthält

verschiedene Stabilisatoren und kann daher eine andere Wirkung auf das Gefüge der Eiscreme haben. Der Anteil in der Rezeptur betrug 0,5 %, so mussten die Anteile der weiteren Komponenten nicht verändert werden (Tabelle 3).

Nachdem der Eismix homogenisiert und pasteurisiert wurde, konnte er im Reifetank für 26 Stunden bis zum nächsten Tag reifen. Die Einstellungen der Anlagen wurden nicht weiter verändert. Die Becher sind mit einer dreistelligen Zufallszahl und der Aufschrift „Versuch Eiscreme“ beschriftet. Sie wurden in der Tiefkühltruhe eingelagert.

Um den Aufschlag der Eiscreme zu berechnen, wurden sowohl Mix als auch fertiges Speiseeis in 150-ml-Becher gefüllt und gewogen. Der Mix hatte eine Masse von 183,4 g, die Eiscreme wog 74,0 g. Nach Formel 2 berechnet lag der Aufschlag bei 147,8 % und somit beinahe beim Zielwert.

Vierter Vorversuch:

Für einen letzten Vorversuch wurde die Rezeptur insoweit verändert, dass ein Teil der Milch durch mehr Magermilchpulver ersetzt wurde. Tabelle 13 zeigt die veränderte Grundrezeptur:

Tab. 13: Zweite Grundrezeptur

Komponente	Anteil [%]	Menge [g]
Magermilch	67,00	6.700
Magermilchpulver	5,85	585
Butterschmalz	12,00	1.200
Saccharose	12,00	1.200
Glucosesirup	2,60	260
Emulgator (Beck)	0,20	20
Stabilisatoren (Beck)	0,30	30
Farbstoff	0,05	5
	100,00 %	10.000 g

So hatte diese Eiscreme einen höheren Trockensubstanz- und Proteingehalt. Als Emulgator und Stabilisatoren wurden die einzelnen Erzeugnisse von Beck eingesetzt. Die Herstellung von Mix und Eiscreme erfolgte analog zu den letzten Vorversuchen. Nach dem Pasteurisieren ruhte der Eismix für 19 Stunden im Reifetank. Die Eiscreme wurde in Bechern abgefüllt, welche mit einer dreistelligen Zufallszahl und „Versuch Eiscreme“ beschriftet wurden.

Der flüssige Eismix hatte, bei einem Volumen von 150 ml, eine Masse von 171,7 g. Um zuverlässigere Ergebnisse beim Aufschlag zu erhalten, wurde mit der Eiscreme eine Dreifachmessung durchgeführt. Die drei Proben hatten, bei gleichem Volumen, eine Masse von 87,4 g, 72,7 g und 68,0 g. Der Mittelwert betrug 76,0 g ($s = \pm 10,12$). Obwohl im Freezer weiterhin ein Zielwert von 150 % eingestellt war, lag der tatsächliche Aufschlag bei 125,9 %.

Die drei letzten Vorversuche wurden zusammen in einer hedonischen Prüfung bewertet. 33 Prüfpersonen haben den Gesamteindruck, den Geschmack und das Aussehen beurteilt. Die Prüfung wurde wie in Kapitel 3.6.1 beschrieben durchgeführt. Die Proben wurden 15 Minuten vor der Verkostung aus der Tiefkühltruhe entnommen. So hatten die Eiscremes zu Beginn der Prüfung Kerntemperaturen um -13 °C .

Zusätzlich wurden die Prüfer danach gefragt, welche Probe sie bevorzugen.

4.1.3 Auswahl der Grundrezeptur

Für die Hauptversuche sollte eine Grundrezeptur ausgewählt werden, der mindestens 50 % der Prüfpersonen vier oder fünf Punkte gegeben haben. Tabelle 14 fasst die Ergebnisse der hedonischen Prüfungen zusammen. Die prozentualen Anzahlen der vergebenen Punkte stehen in Klammern unter den absoluten Anzahlen.

Tab. 14: Hedonische Prüfung aller Vorversuche

Punkte	1. Vorversuch	2. Vorversuch			3. Vorversuch			4. Vorversuch		
		Absolut (Prozent [%])			Absolut (Prozent [%])			Absolut (Prozent [%])		
		GE	GS	A	GE	GS	A	GE	GS	A
1	0 (0,0)	1 (3,0)	1 (3,0)	1 (3,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	1 (3,0)	1 (3,0)	1 (3,0)	0 (0,0)
2	19 (33,9)	4 (12,1)	7 (21,2)	2 (6,1)	7 (21,2)	7 (21,2)	11 (33,3)	3 (9,1)	7 (21,2)	5 (15,2)
3	22 (39,3)	14 (42,4)	12 (36,4)	6 (18,2)	12 (36,4)	12 (36,4)	11 (33,3)	14 (42,4)	9 (27,3)	11 (33,3)
4	15 (26,8)	11 (33,3)	10 (30,3)	15 (45,5)	14 (42,4)	14 (42,4)	9 (27,3)	10 (30,3)	9 (27,3)	12 (36,4)
5	0 (0,00)	3 (9,1)	3 (9,1)	9 (27,3)	0 (0,0)	0 (0,0)	1 (3,0)	5 (15,2)	7 (21,2)	5 (15,2)
\bar{x}	2,9	3,33	3,21	3,88	3,21	3,21	2,94	3,45	3,42	3,52
s	0,78	0,92	0,99	0,99	0,78	0,78	0,93	0,97	1,15	0,94
4 + 5 Punkte [%]	26,8	42,4	39,4	72,8	42,4	42,4	30,3	45,5	48,5	51,6

Das Ziel, dass mindestens 50 % der Prüfpersonen 4 oder 5 Punkte vergeben, wurde bei den Vorversuchen 2 und 4 beim Aussehen (A) erreicht. Bei den Merkmalen Gesamteindruck (GE) und Geschmack (GS) wurde die Eiscrème 4 jeweils als am besten bewertet, sowohl nach den prozentualen Anteilen als auch nach dem Mittelwert. 46 % der Prüfer gefiel das Eis gesamt und 49 % vom Geschmack her. Damit wurde das Ziel von 50 % auch bei diesen Merkmalen fast erreicht. Die Probe enthielt einen höheren Anteil an Magermilchpulver. Sie wurde vor allem als nicht zu süß, gut schmeckend und cremig beschrieben.

Die dritte Probe wurde mit der Emulgator-Stabilisator-Mischung hergestellt. Diese Eissorte erhielt, abgesehen vom ersten Vorversuch, die wenigsten Punkte. Der Geschmack wurde als mil-

chig und wässrig beschrieben. Außerdem kritisierten einige Prüfpersonen wahrnehmbare Eiskristalle, wodurch das Eis nicht cremig war. Auch bei dem zweiten Vorversuch wurden Eiskristalle und die nicht cremige Konsistenz beanstandet.

Bei der Verkostung des zweiten, dritten und vierten Vorversuchs wurden die Prüfer auch danach gefragt, welche Probe sie bevorzugten. 15 der 33 Prüfpersonen gaben Probe 4 an. Elf Personen bevorzugten Probe 2, sechs Probe 3 und ein Prüfer fand alle drei Eiscremes gleich gut. Die Ergebnisse bestätigen die höhere Beliebtheit des vierten Vorversuchs, mit einem höheren Anteil an Magermilchpulver.

Aus diesen Gründen wurde diese Rezeptur für die Hauptversuche übernommen (Tabelle 13).

4.2 Durchführung der Hauptversuche

Nachdem die Grundrezeptur ausgewählt wurde, konnten die Rezepturen der Hauptversuche entsprechend angepasst werden. Die Rezepturunterschiede zeigt die Tabelle 15 im Anhang für alle 26 Versuche. Die Proben wurden in der Reihenfolge hergestellt, wie sie in Tabelle 5 dargestellt ist. Die Eiscreme mit Neohesperidin wurde als letztes produziert.

Die Herstellung erfolgte wie bei den Vorversuchen. Sie entspricht der Planung in Kapitel 3. Nur der Zielwert für den Aufschlag wurde aufgrund der Ergebnisse der Vorversuche auf 150 % erhöht.

Da die Multifunktionsanlage der Lehrmolkerei auch für andere Produkte genutzt wird, konnten die Eismixe nicht jeden Tag zur selben Zeit durchgeführt werden. Dadurch schwankte die Reifezeit zwischen 18 und 26 Stunden.

Aufgrund eines Defektes bei der Luftzufuhr zum Freezer musste der Versuch 6 für 71 Stunden im Reifetank verbleiben. Der Eismix wurde die gesamte Zeit über auf 4 °C gekühlt und kontinuierlich gerührt. Auswirkungen der unterschiedlichen Reifezeiten auf die Qualität der Eiscremes konnten nicht beobachtet werden.

4.3 Aufschlag

Von allen 26 Hauptversuchen wurde der Aufschlag nach den Formeln 1 und 2 berechnet. Die Einzelergebnisse zeigt Tabelle 16 im Anhang. Die Masse der Eiscremes wurde jeweils dreimal ermittelt, da es abhängig von der Abfüllung in die Becher zu Schwankungen kommen kann. So wurde auch der Aufschlag für jede Probe dreimal berechnet.

Insgesamt lag der Aufschlag zwischen 103,5 % und 142,3 %. Im Mittel betrug er 118,4 % ($s = \pm 7,89$). Es wurden mehrere Varianzanalysen durchgeführt. Zum Einen ob allgemein signifikante Unterschiede zwischen den Proben bestanden und zum Anderen welche Variablen signifikanten Einfluss auf den Aufschlag hatten. Die Ergebnisse sind in Tabelle 17 dargestellt:

Tab. 17: Varianzanalysen zum Faktor Aufschlag

	F-Wert	p	Signifikanzniveau
Allgemein	4,657	0,000	***
Saccharose	13,197	0,000	***
Aspartam	3,912	0,024	*
Extrakt	1,171	0,316	-
Natürliches Aroma	4,714	0,012	*
Künstliches Aroma	0,995	0,322	-
Saccharose * Aspartam	3,706	0,002	**

Zwischen den 26 Hauptversuchen gab es höchst signifikante Unterschiede im Aufschlag. Daher wurde als Post-hoc-Test ein Test nach Tukey durchgeführt. Die Ergebnisse sind in Tabelle 18 im Anhang zusammengefasst. Proben mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant voneinander.

Es fällt auf, dass, mit einer Ausnahme, alle Speiseeis in Gruppe A, mit dem höchsten Aufschlag, 12 % Saccharose enthielten. Im Gegensatz dazu wurden von den Proben in Gruppe C nur sechs Eiscremes mit dem Zucker hergestellt, die weiteren Produkte enthielten keine Saccharose.

Dass das Süßungsmittel höchst signifikanten Einfluss auf den Aufschlag hatte, ist auch an den weiteren Ergebnissen in Tabelle 17 zu erkennen. In diesen Varianzanalysen wurde die mit Neohesperidin gesüßte Eiscreme ausgelassen. Die Variable Aspartam kann keinen Einfluss auf das Eis haben, die weiteren Berechnungen wurden analog dazu durchgeführt.

Je höher der Saccharosegehalt in den Eiscremes war, desto höher war der Aufschlag. Dies verdeutlicht Abbildung 9:

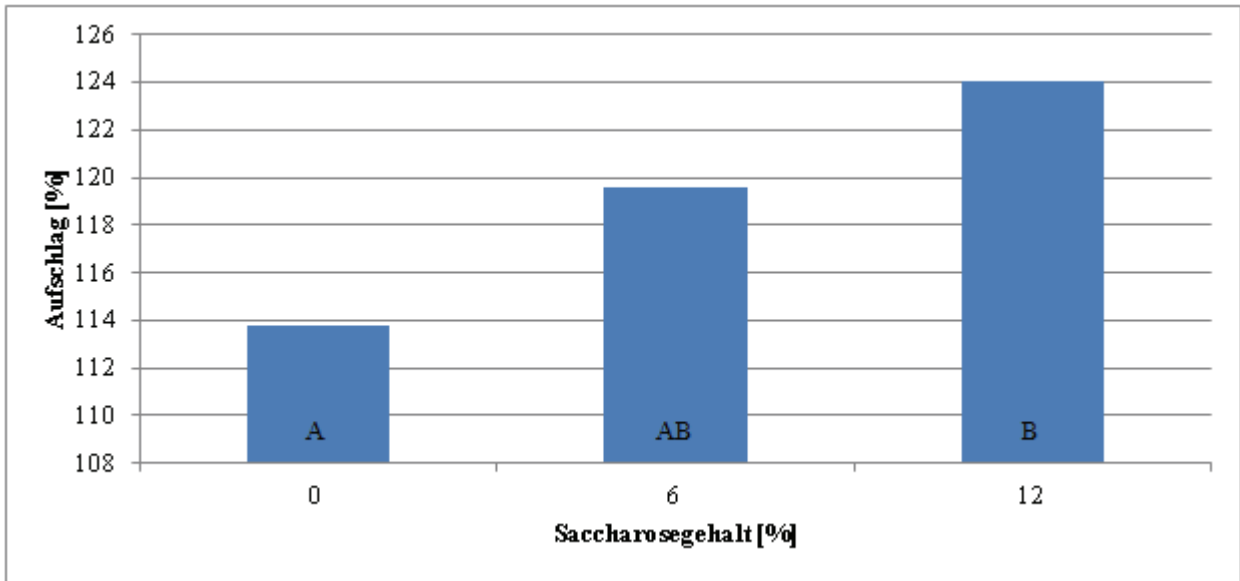


Abb. 9: Abhängigkeit des Aufschlags vom Saccharosegehalt

Eiscremes ohne Saccharosezugabe hatten im Schnitt einen Aufschlag von nur 113,8 % ($s = \pm 7,56$). Die beiden Proben mit sechs Prozent Saccharose hatten im Mittel einen Aufschlag von 119,6 % ($s = \pm 5,38$). Mit zwölf Prozent Saccharosezusatz wurde ein Aufschlag von 124,1 % ($s = \pm 9,50$) erreicht. Ein Tukey-Test ergab signifikante Unterschiede zwischen den Proben mit 0 % und mit 12 % Saccharose. Die Buchstaben in der Abbildung verdeutlichen die daraus resultierende Gruppeneinteilung.

Auch der Aspartamgehalt hatte einen signifikanten Einfluss und die Wechselwirkungen zwischen Saccharose und Aspartam hatten einen hoch signifikanten Einfluss. So können die Proben in Bezug auf den Aufschlag auch nach diesen Variablen in Gruppen eingeteilt werden (Tabelle 19 im Anhang).

Allerdings ist der Einfluss des Süßstoffes auf den Aufschlag nicht so gerichtet. Auch bei der Betrachtung des Einflusses von Saccharose * Aspartam, wird eine Beeinflussung durch den Süßstoff nicht deutlich. Der Aufschlag ist in den Sorten ohne Saccharose geringer, gleich wie viel Aspartam zugegeben wurde.

Die Tabelle 17 zeigt, dass auch die Zugabe von natürlichem Aroma einen signifikanten Einfluss auf den Aufschlag der Eiscremes hatte. Tabelle 20 zeigt die Ergebnisse des Tukey-Tests:

Tab. 20: Abhängigkeit des Aufschlags von der Zugabe des natürlichen Aromas

Natürliches Aroma [%]	\bar{x} Aufschlag [%]	s	Gruppe
0,00	115,76	9,13	B
0,05	115,56	6,85	B
0,15	122,31	9,60	A

Der Aufschlag der Eiscremes war mit der höchsten Dosierung des Aromas signifikant höher. Allerdings ist nicht klar, inwieweit die prozentual sehr geringe Zugabe an Aromen Einfluss auf den Luftaufschlag haben kann.

Die Zugabe von Extrakt oder künstlichem Aroma hatte keinen signifikanten Einfluss auf den Aufschlag (Tabelle 17).

4.4 Zusammensetzung und Brennwert

Die Zusammensetzung der Eiscremes pro 100 g wurde mit Hilfe der Daten aus Tabelle 2 und der Formel 3 berechnet. Die Ergebnisse wurden danach auf die Gehälter pro 100 ml umgerechnet.

Um den Aufschlag zu berechnen wurde die Masse jeder Eiscreme in einer Dreifachmessung bestimmt. So konnte für jede Probe auch die Dichte dreimal berechnet werden. Hiervon wurden die Mittelwerte bestimmt und diese in Formel 4 eingesetzt. Im Anhang zeigt Tabelle 21 die Ergebnisse aller Hauptversuche.

Der Energiegehalt der Eiscremes lag zwischen 110 kcal/ 100 ml und 127 kcal/ 100 ml, er unterschied sich somit um bis zu 13 %. Der Anteil der Kohlenhydrate schwankte zwischen 8,8 g/ 100 ml und 12,2 g/ 100 ml. Die Versuche unterschieden sich hier um etwa 28 %. Im Proteinanteil variierten sie sogar um bis zu 42 %. Der Gehalt lag zwischen 2,3 g/ 100 ml und 4,0 g/ 100 ml. Der Fettgehalt variierte weniger, um bis zu 14 %. Die Eiscremes hatten alle einen Gehalt zwischen 6,4 g/ 100 ml und 7,5 g/ 100 ml.

Es wurden Varianzanalysen durchgeführt, ob sich die Proben in Bezug auf die Nährstoffe oder den Energiegehalt signifikant voneinander unterschieden. Die Ergebnisse fasst Tabelle 22 zusammen.

Tab. 22: Varianzanalysen zur Zusammensetzung pro 100 ml

	F-Wert	p	Signifikanzniveau
Brennwert	5,436	0,000	***
Kohlenhydratgehalt	36,264	0,000	***
Proteingehalt	144,063	0,000	***
Fettgehalt	6,819	0,000	***

Die Proben unterschieden sich in Bezug auf alle drei Nährstoffe und den Energiegehalt höchst signifikant voneinander.

Um zu betrachten, welche Variablen die Zusammensetzung der Eiscremes veränderten, wurden weitere Varianzanalysen durchgeführt. Dazu wurde der Energie-, Kohlenhydrat-, Protein-, und Fettgehalt auf die unterschiedlichen Anteile von Saccharose und dem unterschiedlichen Aufschlag im Eis bezogen (Tabelle 23). Die Aromen und Aspartam machten in den Eiscremes höchstens einen Anteil von 0,15 % aus. Daher konnten sie keinen entscheidenden Einfluss auf die Zusammensetzung haben und wurden nicht mit betrachtet.

Tab. 23: Einfluss von Saccharosegehalt und Aufschlag auf die Zusammensetzung

	Saccharose			Aufschlag		
	F-Wert	p		F-Wert	p	
Brennwert	0,858	0,428	-	2,140	0,019	*
Kohlenhydrate	119,792	0,000	***	1,354	0,201	-
Proteine	240,898	0,000	***	7,441	0,000	***
Fett	5,635	0,005	**	7,070	0,000	***

Wie viel Saccharose dem Speiseeis zugegeben wurde, hatte einen hoch oder höchst signifikanten Einfluss auf den Kohlenhydrat-, Protein- und Fettgehalt. Der Aufschlag in der Eiscreme wirkte sich entscheidend auf den Protein- und Fettgehalt und auch auf den Brennwert aus.

Mithilfe von Tukey-Tests wurden die Speiseeis, abhängig von der Saccharosezugabe, für den Kohlenhydrat-, Protein- und Fettgehalt in Gruppen eingeteilt (Tabelle 24).

Tab. 24: Abhängigkeit der Zusammensetzung vom Saccharoseanteil

Saccharose [%]	Kohlenhydrate [g/ 100 ml]			Proteine [g/ 100 ml]			Fett [g/ 100 ml]		
	\bar{x}	s	Gruppe	\bar{x}	s	Gruppe	\bar{x}	s	Gruppe
0	9,15	0,36	C	3,79	0,14	A	7,07	0,27	A
6	10,03	0,30	B	3,06	0,08	B	6,81	0,20	B
12	11,06	0,68	A	2,57	0,32	C	6,83	0,39	B

Der Kohlenhydratgehalt stieg mit einer höheren Saccharosezugabe höchst signifikant. Im Gegensatz dazu sanken der Protein- und der Fettgehalt höchst, bzw. hoch signifikant mit einer höheren Zugabe von Saccharose.

Tabelle 25 im Anhang zeigt den Einfluss des Aufschlags auf die Zusammensetzung der Eiscremes. Die Sorten mit einem Aufschlag unter 119 % enthielten alle die signifikant höchsten Protein- und Fettgehalte (Gruppe A). Mit höherem Aufschlag sanken die Anteile der Nährwerte pro 100 ml, besonders deutlich zu erkennen beim Fettgehalt.

Auch zum Energiegehalt wurde ein Tukey-Test durchgeführt. Allerdings ergaben die paarweisen Vergleiche keine signifikanten Unterschiede in Abhängigkeit vom Aufschlag. Obwohl mit einer allgemeinen Varianzanalyse signifikante Unterschiede festgestellt wurden ($p = 0,019$, Tabelle 23). Es ist in der Tabelle 25 zu erkennen, dass der Brennwert pro 100 ml mit höherem Aufschlag geringfügig sank.

4.5 Sensorische Beurteilung

Dieses Kapitel gibt die Ergebnisse der sensorischen Prüfungen wider. Alle 26 Hauptversuche wurden in einer hedonischen Prüfung bewertet. Neun Proben wurden mit zwei Rangordnungsprüfungen näher betrachtet. Fünf Eiscremes wurden mittels einer Konsensprofilprüfung genau beschrieben.

4.5.1 Hedonische Prüfung

Die Verkostung der Eiscremes erfolgte wie in Kapitel 3.6.1 beschrieben. Die Proben wurden eine Viertelstunde vorher aus der Tiefkühltruhe genommen und bei Zimmertemperatur aufbewahrt. So lag die Kerntemperatur in den Bechern zu Beginn der Prüfungen zwischen -13 °C und -14 °C. Die Temperatur wurde regelmäßig kontrolliert.

Die Eiscremes wurden an vier Terminen nacheinander verkostet. An der ersten Prüfung nahmen 35 Personen teil, an der zweiten 33, an der dritten 32 und an der vierten 36. Die ersten drei Prüfungen wurden mit zwei Klassen Auszubildender des Berufs milchwirtschaftliche Laboranten durchgeführt. Da sie zur letzten Prüfung aus zeitlichen Gründen nicht mehr verfügbar waren, wurde diese sensorische Beurteilung von Mitarbeitern der LUFA durchgeführt.

Neben der Bewertung mit einem bis fünf Punkten, waren die Prüfpersonen auch dazu aufgefordert, Kommentare zu den Proben aufzuschreiben. Die häufigsten Anmerkungen zeigt Tabelle 26 im Anhang. Es wurden nur Kommentare aufgeführt, die von mindestens drei Prüfern genannt wurden.

Tabelle 27 zeigt im Anhang für jede Eiscreme die Mittelwerte und Standardabweichungen aller Prüfpersonen. Die schlechtesten Noten bekamen die Versuche 1 und 2. Diese enthielten weder Saccharose noch Süßstoff. Im Gesamteindruck bekamen die Eiscremes nur 1,6, bzw. 1,5 Punkte, für den Geschmack 1,2 Punkte und für das Aussehen 2,6, bzw. 2,4 Punkte. Sie wurden von vielen Prüfpersonen als salzig beschrieben. Außerdem fehle der Vanillegeschmack, obwohl Aromen zugegeben wurden (Tabelle 26 im Anhang). Beide Proben enthielten weder Saccharose noch Süßstoffe.

Als am besten wurde der Versuch 21 bewertet. Die Eiscreme bekam 3,9 Punkte für den Gesamteindruck, 3,7 Punkte für den Geschmack und 4,0 Punkte für das Aussehen. Sie enthielt 12 % Saccharose, kein Süßstoff und zur Aromatisierung nur künstliches Aroma. Die Probe wurde vor allem als sehr süß und mit intensivem Vanillearoma beschrieben.

Es wurden drei Varianzanalysen durchgeführt, um zu untersuchen, ob sich die Eiscremes in Bezug auf Gesamteindruck, Geschmack und Aussehen signifikant voneinander unterschieden. Die Ergebnisse fasst Tabelle 28 zusammen.

Tab. 28: Varianzanalysen zur hedonischen Prüfung

	F-Wert	p	Signifikanzniveau
Gesamteindruck	12,344	0,000	***
Geschmack	15,035	0,000	***
Aussehen	5,989	0,000	***

Es gab bei allen drei bewerteten Merkmalen höchst signifikante Unterschiede zwischen den Eiscremes. Die Varianzanalyse untersucht allerdings nur die allgemeinen Unterschiede zwischen allen Proben. Für paarweise Vergleiche wurde der Tukey-Test durchgeführt. So konnten die Versuche für Gesamteindruck, Geschmack und Aussehen in Gruppen eingeteilt werden (Tabelle 29 im Anhang).

Vor allem die Versuche 1 und 2 unterschieden sich signifikant von den meisten anderen Proben. Besonders deutlich ist dies beim Gesamteindruck zu erkennen. Die meisten der weiteren Eiscremes unterschieden sich in der Verbraucherbeliebtheit kaum voneinander, bei keinem der drei Merkmale.

Es fällt allerdings auf, dass im Gesamteindruck die fünf als am besten bewerteten Eiscremes, Versuche 3, 5, 9, 10 und 21, alle 12 % Saccharose enthielten. Diese Proben wurden auch von mehreren Prüfpersonen als süß beschrieben (Tabelle 26 im Anhang). Beim Merkmal Geschmack enthielten sogar sieben der acht beliebtesten Sorten, außer Versuch 23, 12 % Saccharose.

Um genauer zu untersuchen, von welchen Faktoren die hedonischen Bewertungen beeinflusst wurden, wurden Varianzanalysen für jede einzelne Variable durchgeführt. So konnte untersucht werden, ob beispielsweise der Geschmack vom Saccharosegehalt oder dem Zusatz vom natürlichen Aroma signifikant beeinflusst wurde. Zusätzlich wurden auch die Wechselwirkungen zwischen Saccharose und Aspartam und zwischen den drei Aromaarten Extrakt, natürliches Vanillearoma und künstliches Aroma untersucht (Tabelle 30).

Der Versuch mit Neohesperidin wurde nicht mit betrachtet, da er als einzige Eiscreme den anderen Süßstoff enthielt und so die Ergebnisse verfälschen könnte.

Tab. 30: Varianzanalysen zur hedonischen Prüfung mit einzelnen Variablen

Variable	Gesamteindruck			Geschmack			Aussehen		
	F	p		F	p		F	p	
Saccharose	39,482	0,000	***	46,115	0,000	***	23,810	0,000	***
Aspartam	5,317	0,006	**	5,594	0,004	**	1,579	0,207	-
Extrakt	0,022	0,978	-	0,429	0,652	-	0,507	0,602	-
Natürliches Aroma	3,216	0,041	*	8,471	0,000	***	1,153	0,316	-
Künstliches Aroma	10,385	0,001	**	27,167	0,000	***	0,029	0,866	-
Saccharose * Aspartam	37,093	0,000	***	38,222	0,000	***	16,469	0,000	***
Extrakt * Natürliches Aroma	12,654	0,000	***	15,545	0,000	***	8,694	0,000	***
Extrakt * Künstliches Aroma	3,082	0,009	**	7,640	0,000	***	1,073	0,374	-
Natürliches Aroma * Künstliches Aroma	9,518	0,000	***	16,143	0,000	***	4,366	0,001	***
Extrakt*Natürliches Aroma*Künstliches Aroma	9,729	0,000	***	14,080	0,000	***	5,848	0,000	***
Aufschlag	11,609	0,000	***	15,213	0,000	***	4,612	0,000	***

Den größten Einfluss auf die Beliebtheit der Eiscremes hatten der Anteil an Saccharose und die Variable Saccharose * Aspartam. Auch der Süßstoff Aspartam hatte hoch signifikanten Einfluss auf den Gesamteindruck und den Geschmack der Proben.

Die vergebenen Punkte waren umso höher, je mehr Saccharose oder Aspartam die Eiscremes enthielten (Tabellen 31 und 32).

Tab. 31: Einfluss des Saccharosegehaltes auf die Beliebtheit

Saccharose [%]	Gesamteindruck			Geschmack			Aussehen		
	\bar{x}	s	Gruppe	\bar{x}	s	Gruppe	\bar{x}	s	Gruppe
0	2,90	1,10	B	2,64	1,19	B	3,32	1,08	B
6	2,97	0,89	B	2,67	1,07	B	3,32	0,99	B
12	3,57	1,02	A	3,41	1,09	A	3,82	0,96	A

Die Sorten mit 12 % Saccharose wurden in allen drei Merkmalen als signifikant besser bewertet als Sorten mit null oder sechs Prozent. Bei Zugaben zwischen 0 % und 6 % unterschieden sich die Bewertungen nur minimal.

Tab. 32: Einfluss des Aspartamgehaltes auf die Beliebtheit

Aspartam [%]	Gesamteindruck			Geschmack			Aussehen		
	\bar{x}	s	Gruppe	\bar{x}	s	Gruppe	\bar{x}	s	Gruppe
0,00	3,04	1,27	B	2,82	1,34	B	3,47	1,16	keine Signifi- kanzen
0,05	3,18	0,95	AB	2,92	1,08	B	3,49	0,95	
0,10	3,35	1,07	A	3,17	1,19	A	3,63	1,07	

Gesamteindruck und Geschmack wurden auch besser bewertet, je mehr Aspartam zugegeben wurde. Beim Geschmack schnitten die Proben mit 0,10 % signifikant besser ab als ohne oder mit nur 0,05 % Süßstoff. Im Gesamteindruck gab es signifikante Unterschiede zwischen den Sorten mit 0,00 % und mit 0,10 % Aspartam.

Es kann daraus allerdings nicht geschlossen werden, dass Eiscreme generell umso beliebter ist, je süßer sie ist. Tabelle 33 (im Anhang) zeigt die vergebenen Punkte und die Gruppeneinteilung der Proben nach den Anteilen von Saccharose und Aspartam zusammen. Die Reihenfolge in der Tabelle entspricht der steigenden Süße im Eis. Dabei wurde als Süßkraft für Saccharose 1 angenommen und für Aspartam 200.

Es gab keine signifikanten Unterschiede zwischen den Eissorten mit 12 % Saccharose. Bei dieser hohen Zuckerzugabe hatte der Gehalt an Süßstoff nur einen geringen Einfluss auf die Beliebtheit der Eiscreme. Allerdings gab es bei einer Saccharosezugabe von null Prozent oder sechs Prozent signifikante Unterschiede zwischen den Sorten mit 0,00 % und 0,05 % Aspartam, vor allem beim Geschmack. Proben mit dem Süßstoff wurden als besser bewertet.

Die Abbildung 10 verdeutlicht den Zusammenhang zwischen Süßungsmitteln und Beliebtheit.

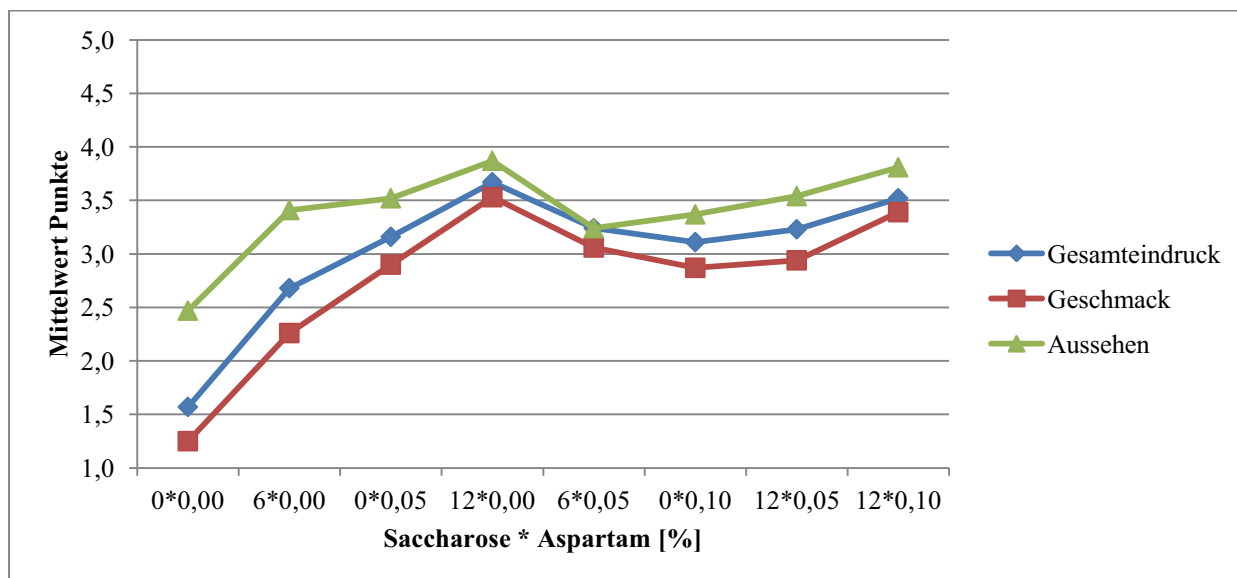


Abb. 10: Zusammenhang zwischen Süßungsmitteln und Beliebtheit

Die Eiscremes mit 12 % Saccharose und keinem Aspartam waren am beliebtesten. Bis zu dieser Süße stieg die Beliebtheit fast linear an, insbesondere beim Merkmal Geschmack. Wurde das Eis noch mehr gesüßt, sank die Beliebtheit etwas, sie verlief dann parabelförmig.

Die Abbildung macht auch deutlich, dass der Saccharosegehalt einen besonders großen Einfluss auf die Beliebtheit hat, wenn kein Süßstoff zugegeben wurde. Die Beliebtheit stieg fast linear an, im Mittel etwa einen Skalenpunkt je Dosierung (Tabelle 33 im Anhang).

Auch die Zugaben der unterschiedlichen Aromen hatten signifikanten Einfluss auf die Verbraucherbeliebtheit (Tabelle 30). Das natürliche Vanillearoma und das künstliche Aroma hatten signifikanten Einfluss auf den Gesamteindruck und den Geschmack. Auf das Aussehen hatte die Zugabe der Aromen keinen Einfluss. Alleine durch den Anteil an Vanilleextrakt gab es keine signifikanten Unterschiede in der Beliebtheit.

Betrachtet man die Zugabe vom künstlichen Aroma isoliert, so wurden die Sorten mit dem Aroma als signifikant besser bewertet als ohne künstliches Aroma, sowohl im Gesamteindruck als auch im Geschmack. Sorten ohne das Aroma bekamen im Schnitt für den Gesamteindruck 3,06 Punkte ($s = \pm 1,06$) und für den Geschmack 2,75 Punkte ($s = \pm 1,16$). Die Eiscremes, die das künstliche Aroma enthielten bekamen im Mittel 3,30 Punkte für den Gesamteindruck ($s = \pm 1,12$) und 3,18 Punkte für den Geschmack ($s = \pm 1,21$). Von den fünf Eissorten, die insgesamt die höchsten Punkte bekamen, enthielten vier Sorten auch oder ausschließlich künstliches Aroma.

Tabelle 34 zeigt den Einfluss des natürlichen Vanillearomas auf die Verbraucherbeliebtheit:

Tab. 34: Einfluss des natürlichen Vanillearomas auf die Beliebtheit

Natürliches Aroma [%]	Gesamteindruck			Geschmack			Aussehen		
	\bar{x}	s	Gruppe	\bar{x}	s	Gruppe	\bar{x}	s	Gruppe
0,00	3,27	1,08	A	3,12	1,17	A	3,51	1,04	keine Signifi- kanzen
0,05	2,98	0,90	B	2,65	1,03	B	3,39	1,10	
0,15	3,13	1,16	B	2,85	1,27	B	3,57	1,06	

Ohne das natürliche Vanillearoma wurden für Geschmack und Gesamteindruck signifikant mehr Punkte vergeben als mit 0,05 % oder 0,15 % natürlichem Aroma.

Zu den Versuchen 6, 11, 20 und 25 wurde nur diese Aromaart zugegeben. Bei drei dieser Eiscremes, nicht bei Versuch 11, wurde von den Prüfpersonen beanstandet, dass zu wenig Geschmack und kaum Vanillearoma wahrnehmbar waren (Tabelle 26 im Anhang). Die Zugabe des natürlichen Aromas hatte also einen negativen Einfluss auf die Beliebtheit der Eiscremes.

Es wurde eine weitere Varianzanalyse zusammen mit einem Tukey-Test durchgeführt, bei der die Zugabemengen der einzelnen Aromen zusammen betrachtet wurden. Es gab also acht Gruppen: 0,00 %, 0,05 % und 0,10 % Extrakt, 0,00 %, 0,05 % und 0,15 % natürliches Aroma, 0,00 % und 0,10 % künstliches Aroma. Beim Gesamteindruck betrug der F-Wert 2,399, die Irrtumswahrscheinlichkeit p lag bei 0,019. Es bestanden also signifikante Unterschiede. Beim Merkmal Geschmack lag der F-Wert bei 6,299 ($p = 0,000$). Die Unterschiede waren höchst signifikant. Da kein Aroma signifikanten Einfluss auf das Aussehen der Eiscremes hatte, wurde dieses Merkmal nicht mit betrachtet. Tabelle 35 zeigt die entsprechenden Mittelwerte und die Gruppeneinteilung:

Tab. 35: Einfluss der Aromen auf Gesamteindruck und Geschmack

	Gesamteindruck			Geschmack		
	\bar{x}	s	Gruppe	\bar{x}	s	Gruppe
0,00 % Extrakt	3,17	1,13	AB	2,92	1,24	BC
0,05 % Extrakt	3,19	0,94	AB	3,00	1,08	ABC
0,10 % Extrakt	3,18	1,12	AB	2,99	1,21	ABC
0,00 % natürliches Aroma	3,27	1,08	AB	3,12	1,17	AB
0,05 % natürliches Aroma	2,98	0,90	B	2,65	1,03	C
0,15 % natürliches Aroma	3,13	1,16	AB	2,85	1,27	C
0,00 % künstliches Aroma	3,06	1,06	B	2,75	1,16	C
0,10 % künstliches Aroma	3,30	1,12	A	3,18	1,21	A

Die Versuche mit künstlichem Aroma wurden als signifikant am besten bewertet, Eiscremes ohne dieses Aroma bekamen im Mittel 0,43 Punkte weniger beim Merkmal Geschmack. Versuche mit natürlichem Vanillearoma wurden im Geschmack signifikant als schlechter beurteilt. An den Mittelwerten ist auch zu erkennen, dass sich die vergebenen Punkte mit unterschiedlicher Extraktzugabe nur minimal veränderten. Der Geschmack wurde ohne Extrakt als etwas schlechter bewertet.

Das künstliche Aroma wirkte sich also positiv auf die Verbraucherbeliebtheit aus, während die Zugabe des natürlichen Vanillearomas einen negativen Einfluss hatte.

Die meisten Eiscremes wurden allerdings nicht nur mit einer Aromaart aromatisiert, sondern mit zwei. Auch die Wechselwirkungen zwischen zwei oder allen drei Aromen hatten signifikante Einflüsse auf die Ergebnisse der hedonischen Prüfungen (Tabelle 30).

Tabelle 36 zeigt die Ergebnisse der Gruppenbildung zu den Wechselwirkungen zwischen Vanilleextrakt und natürlichem Vanillearoma.

Tab. 36: Gruppeneinteilung nach Extrakt * Natürlichem Aroma

Extrakt * Natürlich [%]	Gesamteindruck			Geschmack			Aussehen		
	\bar{x}	s	Gruppe	\bar{x}	s	Gruppe	\bar{x}	s	Gruppe
0,00*0,00	2,92	1,25	BC	2,71	1,33	BC	3,23	1,14	BC
0,00*0,05	3,12	0,95	AB	2,83	1,06	BC	3,39	1,09	ABC
0,00*0,15	3,35	1,07	A	3,08	1,21	AB	3,79	0,89	A
0,05*0,00	3,22	0,91	AB	3,10	1,00	AB	3,51	0,90	AB
0,05*0,05	2,68	0,70	BC	2,26	0,86	CD	3,41	1,13	ABC
0,05*0,15	3,65	0,98	A	3,52	1,12	A	3,91	1,06	A
0,10*0,00	3,51	0,95	A	3,40	1,02	A	3,70	0,97	A
0,10*0,15	2,51	1,15	C	2,17	1,16	D	3,03	1,19	C

Es fällt auf, dass die Sorten mit den höchsten Anteilen sowohl an Extrakt als auch an natürlichem Aroma als signifikant am schlechtesten bewertet wurden. Die Proben mit 0,00 % oder 0,05 % Extrakt und 0,15 % natürlichem Aroma wurden als signifikant am besten beurteilt, obwohl die vorherigen Untersuchungen gezeigt haben, dass das natürliche Aroma einen negativen Einfluss auf die Beliebtheit hatte. Aber auch Eiscremes mit 0,10 % Extrakt und ohne das natürliche Aroma wurden als signifikant am besten beurteilt.

Die Wechselwirkungen zwischen Extrakt und künstlichem Aroma hatten hoch, bzw. höchst signifikanten Einfluss auf den Gesamteindruck und den Geschmack. Abbildung 11 zeigt die Mittelwerte der vergebenen Punkte und die Einteilung der Versuche in die entsprechenden Gruppen.

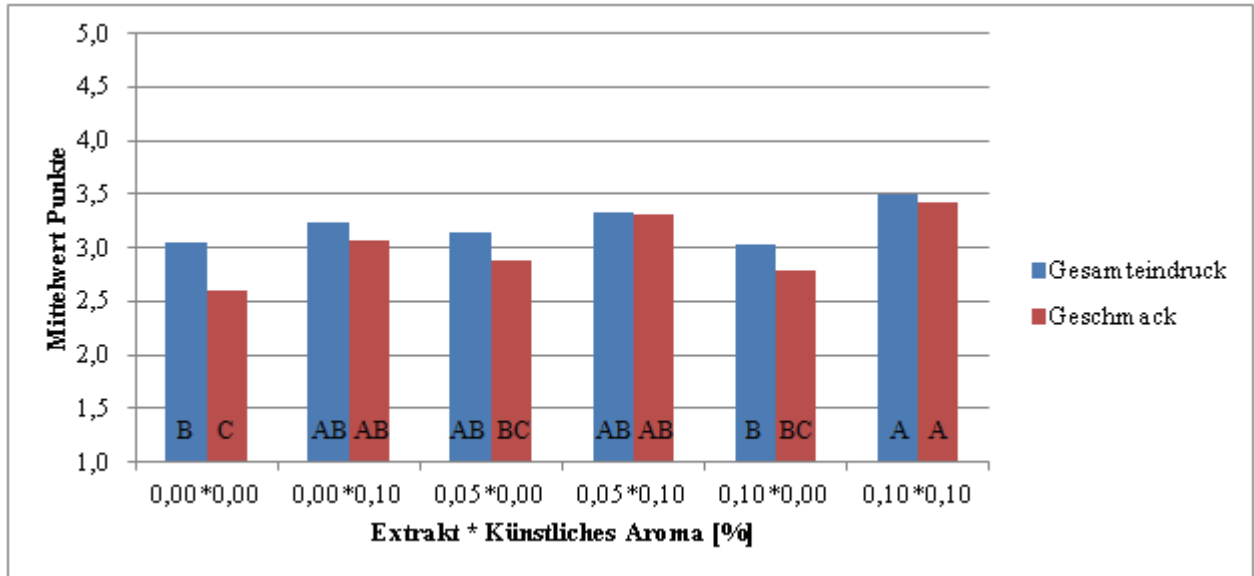


Abb. 11: Zusammenhang zwischen Extrakt * Künstliches Aroma und Beliebtheit

Bei gleicher Zusatzmenge von Extrakt wurden mehr Punkte vergeben, wenn die Eiscremes auch künstliches Aroma enthielten. Aber auch mit steigendem Anteil an Extrakt stieg die Beliebtheit etwas, besonders in Kombination mit 0,10 % künstlichem Aroma. Allerdings sind diese Unterschiede alleine nicht signifikant (Tabelle 30). Die höchsten Punkte erhielten Sorten mit 0,10 % Extrakt und 0,10 % künstliches Aroma.

Sowohl der Gesamteindruck und der Geschmack als auch das Aussehen unterschieden sich abhängig von den Wechselwirkungen zwischen dem natürlichen und dem künstlichen Aroma höchst signifikant. Tabelle 37 zeigt die Ergebnisse der Tukey-Tests.

Tab. 37: Gruppeneinteilung nach Natürliches Aroma * Künstliches Aroma

Natürlich * Künstlich [%]	Gesamteindruck			Geschmack			Aussehen		
	\bar{x}	s	Gruppe	\bar{x}	s	Gruppe	\bar{x}	s	Gruppe
0,00*0,00	3,42	0,95	AB	3,24	1,02	A	3,69	0,89	AB
0,00*0,10	3,18	1,14	BC	3,06	1,23	AB	3,42	1,10	B
0,05*0,00	2,82	0,80	C	2,44	0,93	C	3,42	1,05	B
0,05*0,10	3,26	1,01	ABC	3,03	1,10	ABC	3,34	1,19	B
0,15*0,00	2,91	1,14	C	2,54	1,20	BC	3,44	1,09	B
0,15*0,10	3,64	1,04	A	3,55	1,13	A	3,88	0,93	A

Die Versuche mit den höchsten Zugaben von natürlichem Vanillearoma und künstlichem Aroma wurden bei jedem Merkmal als am besten bewertet. Allerdings gab es keine signifikanten Unterschiede zu den Proben ohne diese beiden Aromaarten, also Eiscremes, die nur Extrakt enthielten. Betrachtet man nur die Zeilen mit 0,00 % künstlichem Aroma, so bestätigt auch diese Tabelle, dass die Beliebtheit der Eiscremes mit Zugabe von natürlichem Aroma signifikant schlechter war als ohne diese Aromaart. War auch künstliches Aroma in den Eiscremes vorhanden, so stieg die Beliebtheit mit höherer Zugabe des natürlichen Aromas signifikant.

Auch der Einfluss aller drei Aromaarten zusammen war höchst signifikant auf Gesamteindruck, Geschmack und Aussehen (Tabelle 30). Tabelle 38 (im Anhang) zeigt die entsprechende Einteilung der Gruppen. Es wurden nicht alle möglichen Kombinationen hergestellt, unter anderem wurde keiner Eiscreme alle drei Aromen zugegeben.

Es ist allerdings keine eindeutige Richtung zu erkennen, wie die Zusammensetzung der Aromen die Beliebtheit der Eiscremes beeinflusst hat. Im Gesamteindruck als am besten wurden die Proben mit 0,05 % Extrakt und 0,15 % natürlichem Aroma bewertet, mit 3,65 Punkten ($s = \pm 0,98$). Allerdings wurden die Speiseeis, die 0,10 % Extrakt und 0,15 % natürliches Aroma enthielten, also eine fast identische Zusammensetzung, signifikant als schlechter bewertet (2,51 Punkte, $s = \pm 1,15$). Proben mit künstlichem Aroma bekamen mehr Punkte bei einem höheren Zusatz des Vanilleextrakts.

Eiscremes mit einer Kombination aus natürlichem und künstlichem Aroma bekamen bei allen Merkmalen immer über 3 Punkte. Proben mit 0,15 % natürlichem Aroma und 0,10 % künstlichem Aroma wurden im Geschmack als am besten bewertet (3,55 Punkte, $s = \pm 1,13$).

Statt der Anteile der einzelnen Aromen kann auch die Gesamtkonzentration im Speiseeis betrachtet werden. Insgesamt betrug der Anteil der Aromen in den Eiscremes zwischen 0,05 % und

0,25 %. Wie sich diese Unterschiede auf Gesamteindruck, Geschmack und Aussehen der Proben auswirkten zeigt Abbildung 12:

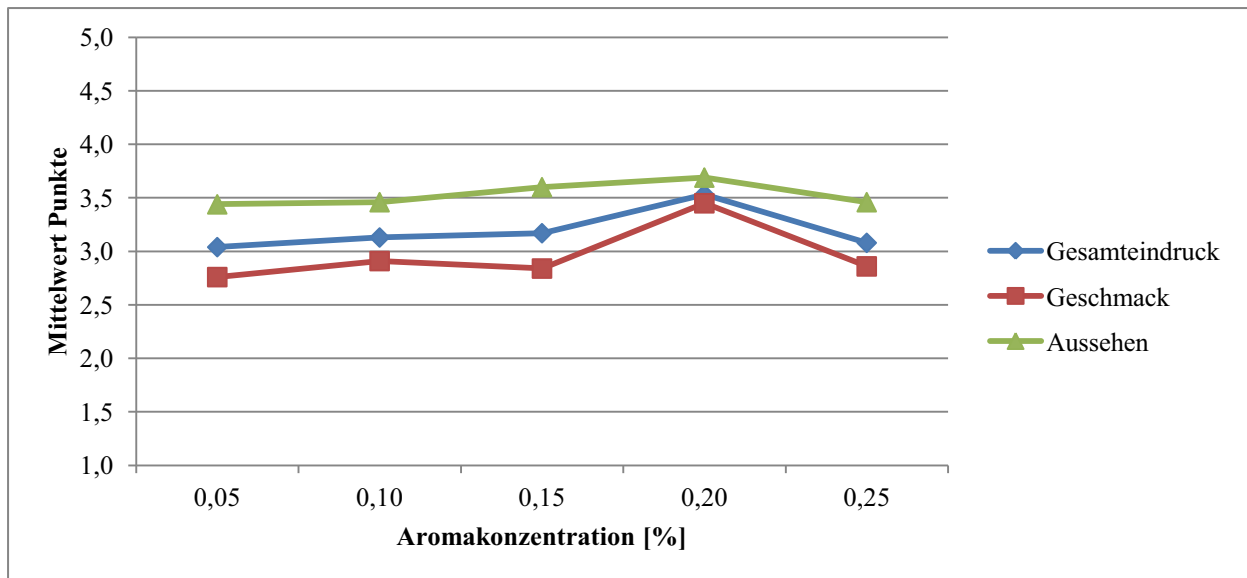


Abb. 12: Einfluss der Gesamt-Aromakonzentration auf die Beliebtheit

Am beliebtesten waren die Sorten mit 0,20 % Aroma. Bei höherer oder niedrigerer Konzentration wurden weniger Punkte vergeben. Dies ist besonders deutlich beim Merkmal Geschmack zu erkennen.

Die Versuche 3, 8, 17 und 23 wurden mit insgesamt 0,20 % Aroma hergestellt. Bei allen vier Eiscremes war der häufigste Kommentar, dass das Eis sehr süß schmeckte (Tabelle 26 im Anhang). Allerdings enthielten die Proben alle unterschiedliche Anteile an Süßungsmitteln. Sie wurden mit dem Vanilleextrakt und einem weiteren Aroma aromatisiert.

Im Gegensatz dazu wurden fünf der sechs Versuche mit 0,25 % Aroma, 2, 5, 16, 19 und 24, wegen zu wenig Geschmack, kaum wahrnehmbarem Vanillegeschmack oder schlechtem Nachgeschmack von mehreren Prüfpersonen kritisiert. Lediglich Versuch 10 schmeckte mit 0,25 % Aroma intensiv nach Vanille. Diese sechs Eiscremes enthielten alle unter anderem das natürliche Aroma, welches einen signifikant negativen Einfluss auf die Verbraucherbeliebtheit hatte (Tabelle 34).

Auch in den beiden Proben mit nur 0,05 % Aroma, Versuch 13 und 25, war kaum Vanillearoma erkennbar.

Der Aufschlag hatte höchst signifikanten Einfluss auf alle drei Merkmale (Tabelle 30). Die Proben wurden, abhängig vom Aufschlag, nach ihrer Verbraucherbeliebtheit in Gruppen eingeteilt (Tabelle 39 im Anhang). Dabei ergab sich allerdings keine klare Richtung.

Nur die Eiscremes mit 108 % Aufschlag, dem zweit geringsten Luftschlag, waren signifikant schlechter als die weiteren Versuche, insbesondere beim Merkmal Gesamteindruck.

Die Proben mit höherem Aufschlag, ab 113 %, haben in Bezug auf den Gesamteindruck etwas besser abgeschnitten. Bei diesem Merkmal wurden auch das Mundgefühl und die Cremigkeit der Eiscremes bewertet.

Neben dem Gesamteindruck haben die Prüfpersonen auch den Geschmack und das Aussehen bewertet. Betrachtet man die Abbildungen 10 und 12, so fällt auf, dass die Linien aller drei Merkmale beinahe parallel zueinander verlaufen. Tabelle 29 im Anhang zeigt die Gruppeneinteilung aller 26 Hauptversuche, getrennt nach Gesamteindruck, Geschmack und Aussehen. Die Eiscremes befinden sich für alle drei Merkmale in etwa in der gleichen Reihenfolge.

Wurde ein Eis insgesamt als schlecht bewertet, so wurden auch sein Geschmack und sein Aussehen als schlecht beurteilt, wie die Versuche 1 und 2. Andersherum wurde beispielsweise der Versuch 21 immer als am besten bewertet.

4.5.2 Rangordnungsprüfung

Zwei Rangordnungsprüfungen wurden wie in Kapitel 3.6.2 beschrieben durchgeführt. Die Proben wurden 15 Minuten vor der Verkostung aus der Tiefkühltruhe genommen und konnten bei Zimmertemperatur akklimatisieren.

An der ersten Prüfung, mit fünf Proben unterschiedlicher Aromazusammensetzung, nahmen 18 Prüfpersonen teil. In der zweiten Prüfung wurden vier Proben mit verschiedenen Süßungsmitteln verkostet. Hier nahmen 15 Personen teil. Alle Prüfer waren in der Ausbildung befindliche milchwirtschaftliche Laboranten.

Erste Rangordnungsprüfung:

Abbildung 13 zeigt die Rangsummen der fünf Proben mit unterschiedlichen Aromen. Es wurden die Einzelnoten aller Prüfpersonen addiert.

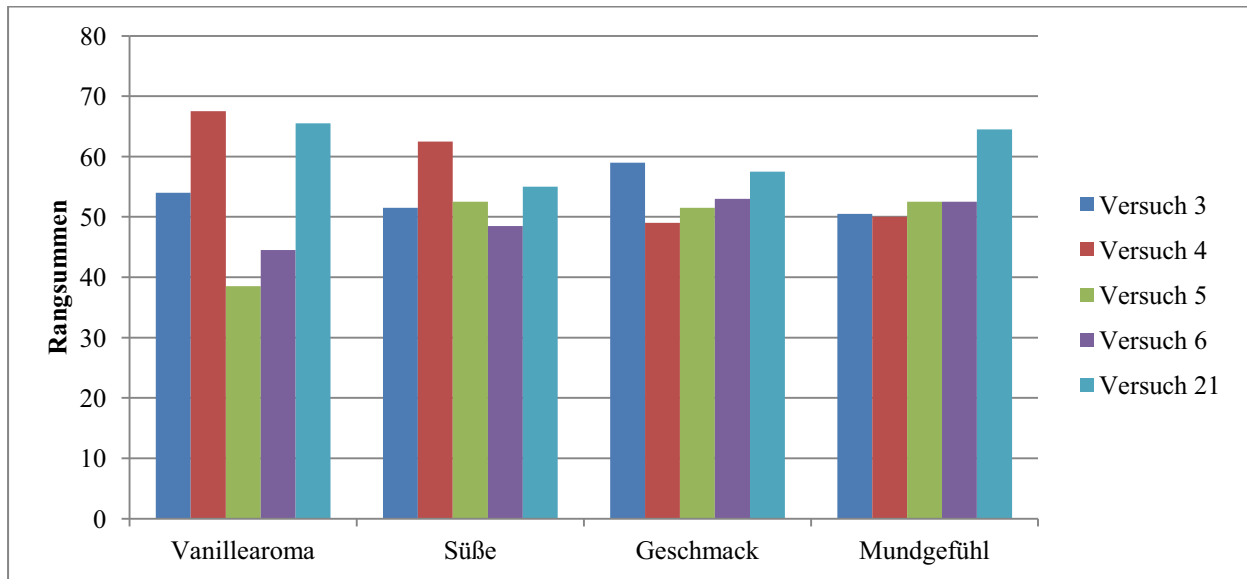


Abb. 13: Rangsummen der ersten Rangordnungsprüfung

Versuch 4, mit 0,10 % Extrakt, hatte das intensivste Vanillearoma und die intensivste Süße. Allerdings bekam er in Bezug auf die Beliebtheit die wenigsten Punkte. Am wenigsten Vanillearoma konnten die Prüfpersonen in den Versuchen 5 und 6 wahrnehmen, diese enthielten beide das natürliche Vanillearoma. Versuch 3, mit Extrakt und künstlichem Aroma, war vom Geschmack her am beliebtesten, während Versuch 21, nur künstliches Aroma, beim Mundgefühl als am besten bewertet wurde.

Bei der Bewertung jedes Merkmals wurden Verbundränge vergeben. Daher wurde der F' -Wert nach Formel 12 berechnet. Die Ergebnisse dazu und die entsprechenden kritischen Tabellenwerte zeigt die Tabelle 40:

Tab. 40: F' -Werte der ersten Rangordnungsprüfung

	F' -Wert
Intensität des Vanillearomas	14,74
Intensität der Süße	2,77
Beliebtheit des Geschmacks	1,71
Beliebtheit des Mundgefühls	3,71
Kritischer Wert bei $\alpha = 0,05$	9,49
Kritischer Wert bei $\alpha = 0,01$	13,28

Die F' -Werte wurden mit den kritischen Werten verglichen. Nur in Bezug auf die Intensität des Vanillearomas gab es signifikante Unterschiede zwischen den Proben, bei einer Irrtumswahr-

scheinlichkeit unter einem Prozent. Die Intensität der Süße und die Beliebtheit von Geschmack und Mundgefühl unterschieden sich nicht signifikant.

Daher wurden paarweise Vergleiche zwischen den fünf Proben nur in Bezug auf das Vanillearoma durchgeführt. So konnten die Versuche in Gruppen eingeteilt werden (Tabelle 41):

Tab. 41: Gruppeneinteilung der ersten Rangordnungsprüfung nach Vanillearoma

Versuch	Gruppe	Extrakt [%]	Natürliches Aroma [%]	Künstliches Aroma [%]
3	AB	0,10	0,00	0,10
4	A	0,10	0,00	0,00
5	B	0,00	0,15	0,10
6	B	0,00	0,15	0,00
21	A	0,00	0,00	0,10

Die Eiscremes mit natürlichem Vanillearoma, 5 und 6, hatten eine signifikant geringere Intensität als die Proben mit Extrakt oder künstlichem Aroma. Dies hatte allerdings keinen signifikanten Einfluss auf die Beliebtheit des Geschmacks.

Zweite Rangordnungsprüfung:

In einer zweiten Rangordnungsprüfung wurden vier Proben mit unterschiedlichen Süßungsmitteln verglichen. Abbildung 14 zeigt die Rangsummen aller bewerteten Merkmale:

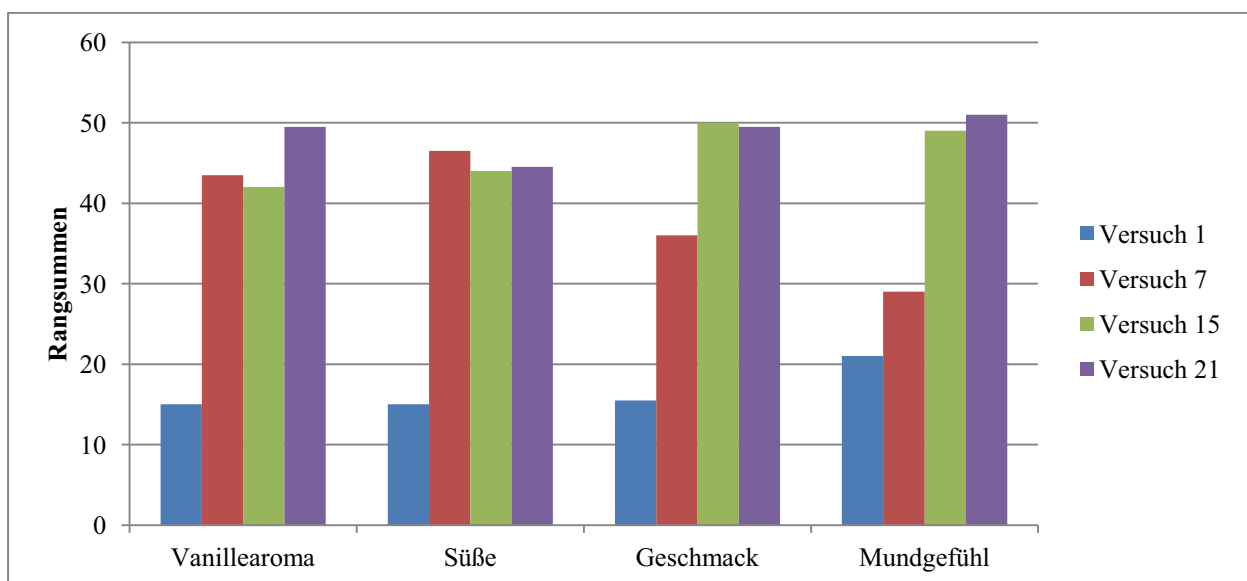


Abb. 14: Rangsummen der zweiten Rangordnungsprüfung

Versuch 1, ohne Saccharose und ohne Aspartam, wurde von den Prüfpersonen bei jedem Merkmal als am schlechtesten bewertet. In der Intensität der Süße waren zwischen den Versuchen 7, 15 und 21 kaum Unterschiede wahrnehmbar. Die Versuche 15 und 21 enthielten als einzige Proben dieser Prüfung Saccharose. Sie wurden sowohl in Bezug auf den Geschmack als auch in Bezug auf das Mundgefühl als am besten beurteilt.

Die F' -Werte für alle Merkmale und die kritischen Werte dieser Prüfung zeigt Tabelle 42:

Tab. 42: F' -Werte der zweiten Rangordnungsprüfung

	F'-Wert
Intensität des Vanillearomas	28,64
Intensität der Süße	27,32
Beliebtheit des Geschmacks	34,93
Beliebtheit des Mundgefühls	27,08
Kritischer Wert bei $\alpha = 0,05$	13,86
Kritischer Wert bei $\alpha = 0,01$	18,22

Es gab also in Bezug auf alle vier Merkmale signifikante Unterschiede zwischen den Versuchen ($p \leq 0,01$). Daher wurden auch die paarweisen Vergleiche viermal durchgeführt. Die Ergebnisse dazu zeigt Tabelle 43:

Tab. 43: Gruppeneinteilung der Eiscremes der zweiten Rangordnungsprüfung

Versuch	Vanillearoma	Süße	Geschmack	Mundgefühl	Saccharose [%]	Aspartam [%]
1	B	B	C	B	0	0,00
7	A	A	B	B	0	0,10
15	A	A	A	A	6	0,05
21	A	A	AB	A	12	0,00

Versuch 1, ohne Saccharose oder Aspartam, wurde immer als signifikant schlechter bewertet als die Versuche 15 und 21, welche beide Saccharose enthielten. In der Intensität der Süße gab es keine signifikanten Unterschiede zwischen Proben mit Aspartam oder mit Saccharose. Allerdings war das Mundgefühl in den Eiscremes mit Saccharose signifikant beliebter. Auch in Bezug auf den Geschmack wurden diese Proben als besser beurteilt.

Alle vier Sorten enthielten als Aroma ausschließlich 0,10 % künstliches Aroma. Trotzdem wurde die Intensität des Vanillearomas in Versuch 1 als signifikant geringer bewertet.

4.5.3 Probenauswahl für die Profilprüfungen

Für die Profilprüfungen beim ttz mussten fünf Proben ausgewählt werden: Die erste Eiscreme war der Versuch N, mit Neohesperidin als Süßstoff. Diese wurde mit 0,05 % Extrakt und 0,10 % künstlichem Aroma aromatisiert. Um zu untersuchen, welchen Einfluss der Süßstoff auf die sensorischen Eigenschaften des Speiseeises hatte, wurde als zweite Probe Versuch 12 ausgewählt. Dieser wurde mit der gleichen Aromazusammensetzung hergestellt, aber mit Aspartam gesüßt. In den hedonischen Prüfungen wurde der Versuch 21 in Bezug auf alle drei Merkmale, Gesamteindruck, Geschmack und Aussehen, als am besten bewertet. Auch diese Eiscreme wurde mit der Profilprüfung genauer beschrieben. Sie enthielt als Aroma nur künstliches Aroma. Um die Eigenschaften dieses Aromas mit denen der weiteren Aromaarten zu vergleichen, wurden auch die Versuche 4 und 6 während der Profilprüfungen beurteilt. Diese enthielten nur Vanilleextrakt, bzw. nur natürliches Vanillearoma. Alle drei Eiscremes wurden mit 12 % Saccharose gesüßt. Tabelle 44 fasst die Rezepturunterschiede zwischen den fünf Proben zusammen:

Tab. 44: Proben für Profilprüfung

Versuch	Extrakt	Natürlich	Künstlich	Saccharose	Aspartam	Neohesperidin
	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]
N	0,05	0,00	0,10	6,00	0,00	0,01
12	0,05	0,00	0,10	0,00	0,05	0,00
21	0,00	0,00	0,10	12,00	0,00	0,00
4	0,10	0,00	0,00	12,00	0,00	0,00
6	0,00	0,15	0,00	12,00	0,00	0,00

Versuch 6 wird als Doppelprobe zweimal verkostet.

Die Eiscremes 6 und 21 wurden vor der Profilprüfung erneut hergestellt, da aufgrund der vorhergehenden Prüfungen nicht mehr genügend Becher vorhanden waren. Die Herstellung erfolgte identisch zu den früheren Produktionen. Die Reifezeiten der Eismixe betragen 20 Stunden bei Versuch 6 und 22 Stunden bei Versuch 21.

Die Masse der Eiscremes wurden in Dreifachmessungen bestimmt, um über die Ergebnisse den Aufschlag zu berechnen. Dieser lag in beiden Eiscremes relativ hoch: In Versuch 6 bei 126,4 % ($s = \pm 5,41$) und in Versuch 21 bei 131,3 % ($s = \pm 1,11$).

4.5.4 Profilprüfung

Die Profilprüfung und die vorhergehenden Schulungen wurden wie in Kapitel 3.6.3 beschrieben durchgeführt. Um Attribute zu sammeln, wurden am ersten Termin im ttz die Versuche 6 und N nacheinander verkostet. In der zweiten Sitzung wurden die Proben 4, 12 und 21 einzeln verkostet und Begriffe dazu gesammelt.

So gab es vor einer Reduzierung 13 Attribute zum Aussehen, 28 zum Geschmack, 25 zum Mundgefühl und 21 zu Nachgeschmack und Nachgefühl. Um die Anzahl zu reduzieren, wurden zuerst synonyme Begriffe wie „Sahne“ und „sahnig“ zusammengefasst. Gegensätzliche Attribute, wie „matt“ und „glänzend“, wurden als die beiden Enden einer Skale zusammengefasst. Zudem wurden Begriffe, die bei einer weiteren Verkostung nicht mehr vom Panel wahrgenommen wurden, gestrichen, beispielsweise „Zimt“ und „brizzeln“.

So bewertete das Panel in der Profilprüfung insgesamt 32 Attribute, vier beschrieben das Aussehen, zehn den Geschmack, sechs das Mundgefühl und zwölf Nachgeschmack und Nachgefühl. Die Tabelle 45 im Anhang fasst die Attribute mit einer Beschreibung und Ankerpunkten für 100 % Intensität zusammen.

Für jedes Attribut und jede Probe wurden während der Profilierung die Intensitäten zwischen 0 und 100 % in Skalen eingetragen. Die Ergebnisse wurden im Panel in einer Gruppendiskussion erarbeitet und sind im Anhang in Tabelle 46 dargestellt.

Beim Merkmal Aussehen gab es große Unterschiede zwischen den Eiscremes in Bezug auf die Rauigkeit der Oberfläche und der Porigkeit im Eis selber. Die Proben mit 12 % Saccharose hatten eine rauere Oberfläche. Keine Unterschiede gab es in Bezug auf den Glanz, alle Eiscremes hatten eine matte Schnittfläche.

Im Geschmack unterschieden sich die Proben am meisten in der Süße und im Vanillearoma. Abbildung 15 zeigt die vergebenen Intensitäten für die allgemeine Süße, Süße durch Zucker und Süße durch Süßstoff:

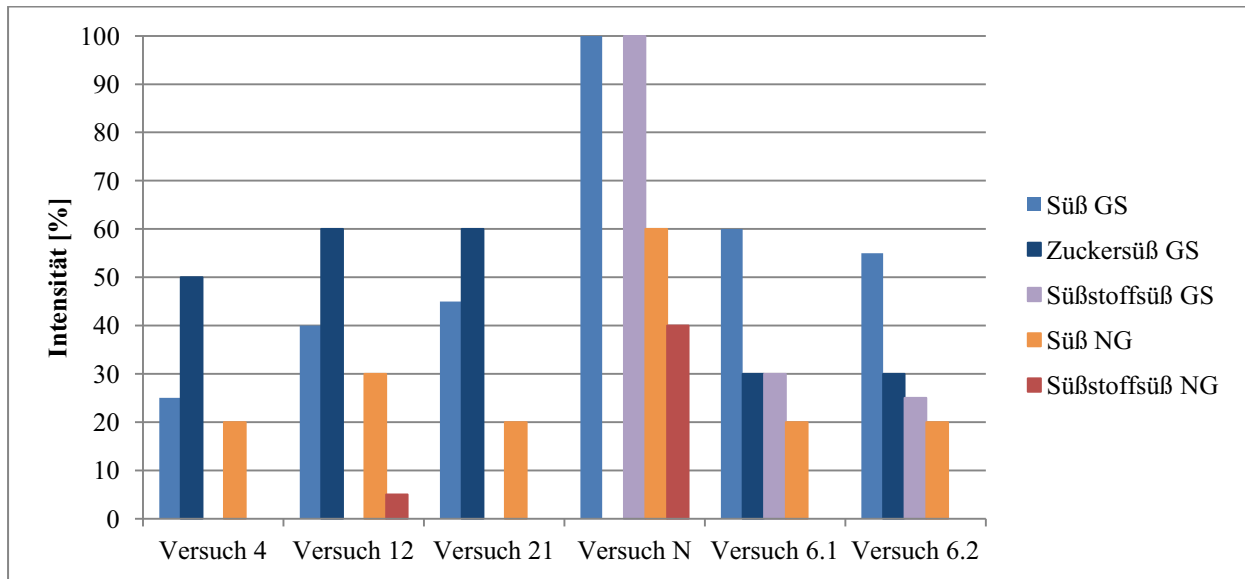


Abb. 15: Unterschiede in der Süße

Bei den Versuchen 4, 12 und 21 war im Geschmack keine Süße aus Süßstoff wahrnehmbar. Die Proben 4 und 21 wurden nur mit Saccharose gesüßt, Probe 12 enthielt als einziges Süßungsmittel Aspartam. Versuch 6 enthielt ebenfalls nur Saccharose. Trotzdem wurde auch eine künstliche Süße herausgeschmeckt.

Versuch N wurde mit Neohesperidin und Saccharose gesüßt. Der Süßstoff überdeckte den Zucker allerdings vollständig. Diese Eiscreme wurde mit 100 % mit Abstand als am süßesten beschrieben.

Für den Nachgeschmack der Eiscremes wurden die Sinneseindrücke 30 Sekunden nach dem Herunterschlucken beschrieben. Die Proben 4, 6 und 21 hatten noch eine Intensität von 20 % bei der allgemeinen Süße. Die Proben 12 und N waren noch süßer. Außerdem war bei Ihnen nach 30 Sekunden die Süße speziell aus Süßstoff noch wahrnehmbar, vor allem bei Versuch N.

Die Intensitäten an Vanillearomen in den Eiscremes zeigt die Abbildung 16:

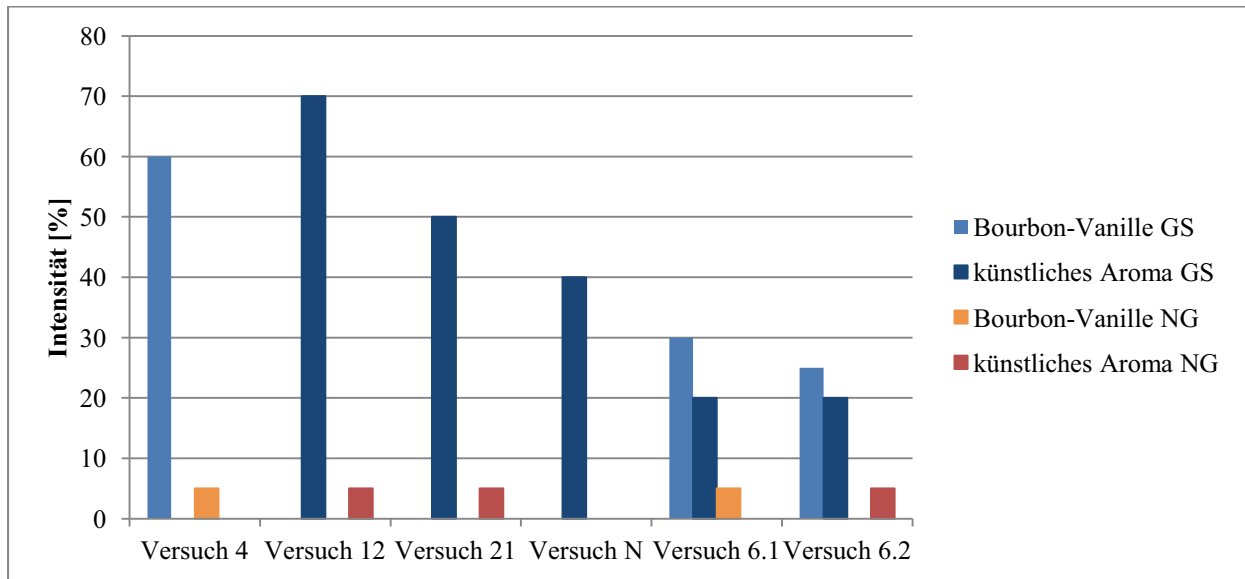


Abb. 16: Unterschiede im Vanillearoma

Der Geschmack von Bourbon-Vanilleextrakt ist mit 60 % vor allem in Versuch 4 wahrzunehmen. Dieses Eis enthielt zur Aromatisierung nur Vanilleextrakt. Auch im Nachgeschmack blieb das Aroma noch leicht erhalten. Versuch 21 enthielt nur das künstliche Aroma. Dies wurde vom Panel genau so wahrgenommen. Im Nachgeschmack war noch eine Aromaintensität von fünf Prozent zu schmecken.

Zu den Eiscremes 12 und N wurde eine Mischung aus Extrakt und künstlichem Aroma zugegeben. Allerdings konnten die typischen Aromanoten von Bourbon-Vanilleextrakt in der Prüfung nicht herausgeschmeckt werden. Obwohl die Aromazusammensetzung der beiden Speiseeis identisch war, wurde Versuch 12 beim künstlichen Aroma mit einer Intensität von 70 % beschrieben und Versuch N mit nur 40 %. Auch war nur in Versuch 12 im Nachgeschmack noch etwas Aroma wahrnehmbar.

Versuch 6 wurde mit dem natürlichen Vanillearoma aromatisiert. Dies wurde von den Prüfern als eine Mischung zwischen Vanilleextrakt und künstlichem Aroma charakterisiert. Bei den meisten Attributen hat das Panel die Doppelprobe von Versuch 6 mit höchstens fünf Prozentpunkten Unterschied in den Intensitäten beschrieben. Allerdings wurde der Nachgeschmack vom Vanillearoma in der einen Probe als Bourbon-Vanilleextrakt und in der anderen Probe als künstliches Aroma beschrieben. Die Intensität betrug aber jeweils nur fünf Prozent.

Außer bei Versuch N war ein deutlicher Geschmack nach frischer Vollmilch wahrnehmbar (Tabelle 46 im Anhang). Dieses Eis hatte mit 50 % die höchste Intensität beim Attribut „H-Milch“, es enthielt also einen Kochgeschmack. Auch Buttergeschmack war in dieser Probe, ebenso in Probe 4, nicht herauszuschmecken. Die weiteren Proben wurden mit 10 % bis 25 % Geschmack nach Butter beschrieben.

Ein bitterer Geschmack wurde nur in der Eiscreme mit Neohesperidin, Versuch N, herausgeschmeckt. Er wurde mit 10 % im Hauptgeschmack und noch 5 % im Nachgeschmack beschrieben.

Einen leicht metallischen Geschmack enthielten die Proben N und 6. Bei Versuch N stieg er im Nachgeschmack sogar auf 20 %, war also 30 Sekunden nach dem Herunterschlucken wesentlich deutlicher wahrzunehmen. Versuch 6 hatte im Nachgeschmack keinen metallischen Geschmack mehr, allerdings entstand er bei den Versuchen 4 und 12. Er wurde jeweils mit einer Intensität von fünf Prozent beschrieben. Einen säuerlichen Nachgeschmack hatte keine der fünf Eiscremes. Mit 20 % Intensität war in Versuch N im Nachgeschmack deutlich Lakritz wahrzunehmen.

Beim Merkmal Mundgefühl wurden alle Proben mit 40 % bis 80 % als cremig beschrieben. Die drei Eiscremes, welche nur Saccharose als Süßungsmittel enthielten, wurden mit 70 % bis 80 % als wesentlich luftiger beschrieben, als die Versuche 12 (25 %) und N (40 %). Diesen Eiscremes wurden Süßstoffe zugegeben.

Die Proben 4 und N hatten die höchsten Intensitäten beim Attribut „schmelzend“, sie schmolzen im Mund also am schnellsten. Diese Versuche hatten auch das wässrigste Mundgefühl. Versuch N wurde mit Neohesperidin gesüßt und enthielt keine Saccharose, Versuch 4 wurde nur mit Saccharose gesüßt. Mit 50 % hatte Versuch 12 das fettigste Mundgefühl. Die Schmelzrate dieser Eiscreme wurde als am langsamsten beschrieben.

Bei keinem der bewerteten Speiseeis wurde ein sandiges Mundgefühl wahrgenommen, es waren also keine Lactosekristalle vorhanden. Allerdings wurde bei Versuch 4 festgestellt, dass die Eiscreme beim Verzehr aufgrund von Eiskristallen knirschte.

Mit fünf Prozent Intensität erzeugte Versuch N einen leicht kühlen Nachgeschmack. Dies war bei den weiteren Proben nicht wahrnehmbar. Versuch 12 verursachte allerdings ein pelziges Nachgefühl auf der Zunge.

Mithilfe der Software PanelCheck wurde eine Hauptkomponentenanalyse durchgeführt. So kann betrachtet werden, welche Attribute welche Proben charakterisieren. Abbildung 17 zeigt die Lage der einzelnen Attribute im Koordinatensystem:

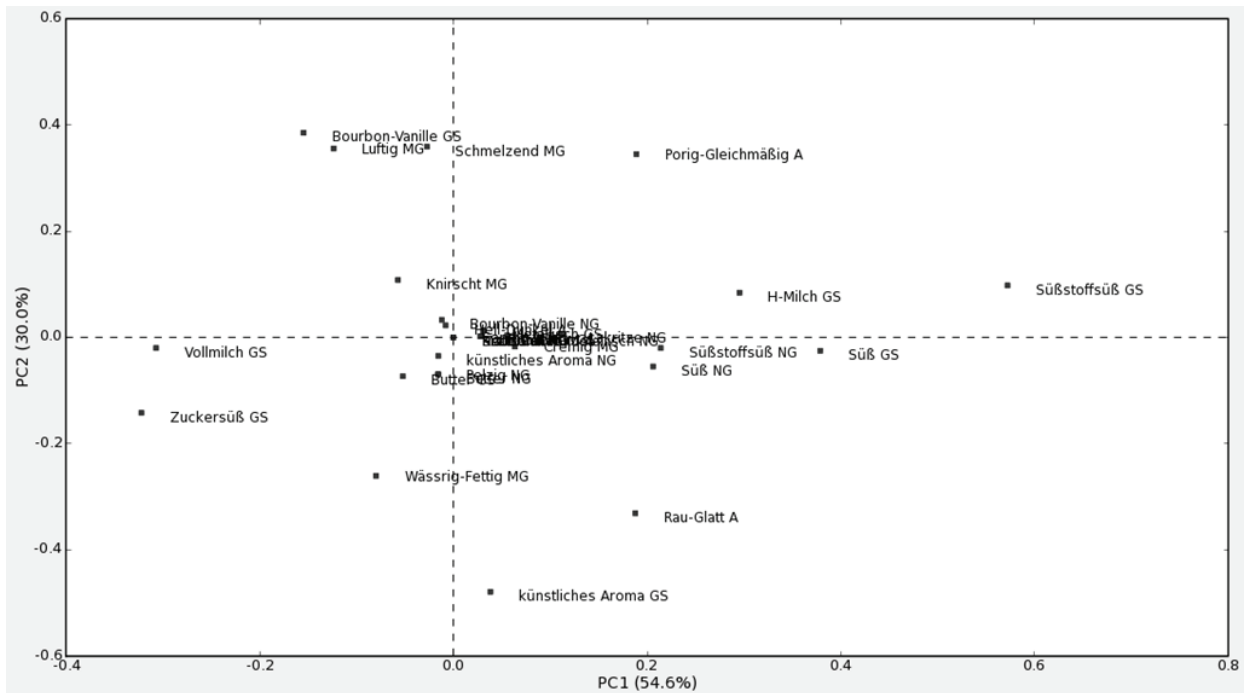


Abb. 17: Lage der Attribute nach Hauptkomponentenanalyse

Die erste Hauptkomponente erklärt 54,6 % der Varianz, die zweite Hauptkomponente 30,0 %, dies sind in der Summe 84,6 %.

Die erste Dimension wird hauptsächlich durch die Attribute „Vollmilch“ und „zuckersüß“ auf der linken Seite und „süßer“ und „süßstoffsüßer“ Geschmack und Nachgeschmack und „H-Milch“ auf der rechten Seite beschrieben. Die zweite Dimension wird vor allem durch die Attribute „künstliches Aroma“ im Geschmack und „wässrig bis fettig“ und „schmelzend“ im Mundgefühl beschrieben.

Abbildung 18 zeigt die Lage der bewerteten Proben nach der Hauptkomponentenanalyse:

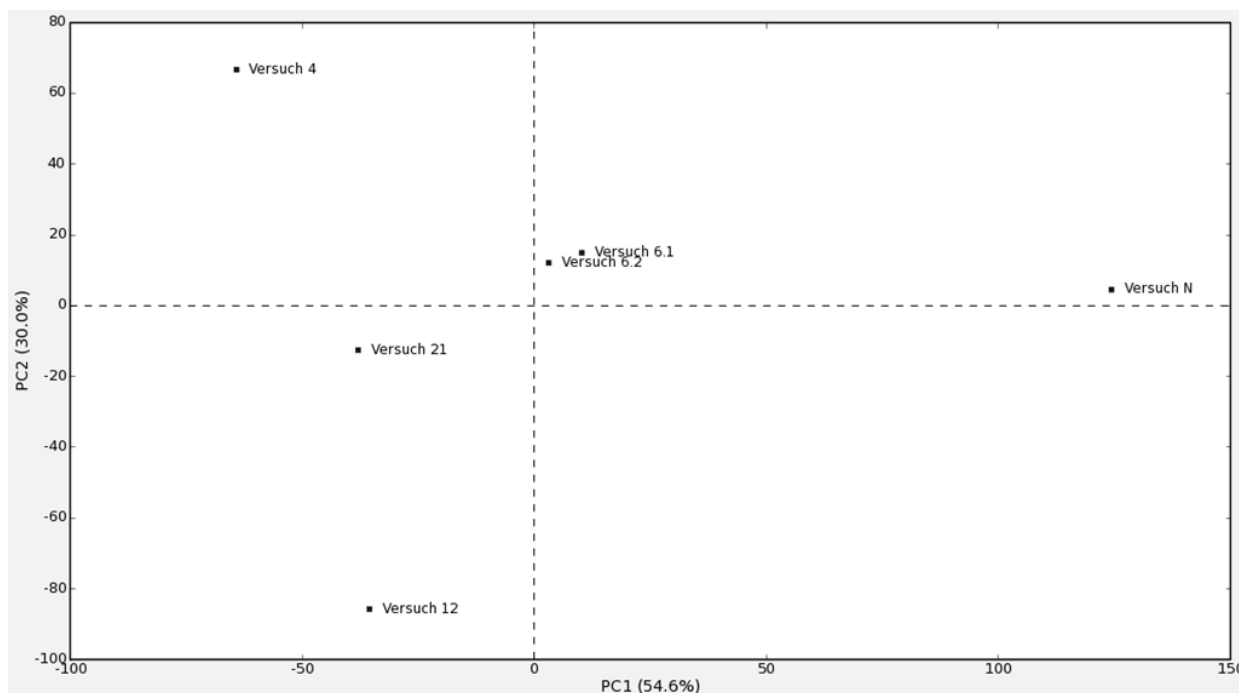


Abb. 18: Lage der Proben nach Hauptkomponentenanalyse

Die fünf verschiedenen Eiscremes sind im Koordinatensystem deutlich voneinander getrennt. Das Panel hat zwischen den Proben also differenziert und Unterschiede wahrgenommen.

Versuch 4 wird vor allem durch einen Geschmack nach Bourbon-Vanilleextrakt und durch ein luftiges und schnell schmelzendes Mundgefühl beschrieben. Die Attribute, welche süße Geschmackseindrücke beschreiben, gehen eher in die entgegengesetzte Richtung.

Der Geschmack nach künstlichem Aroma und ein fettiges Mundgefühl beschreiben den Versuch 12. Versuch 6 liegt in etwa entgegengesetzt, allerdings wesentlich dichter am Nullpunkt des Koordinatensystems. Diese Eiscreme wird durch ein gleichmäßiges Aussehen, metallischen Geschmack und cremiges Mundgefühl beschrieben.

Versuch N wird vor allem durch einen süßen und süßstoffsüßen Geschmack und Nachgeschmack und einen Geschmack nach H-Milch charakterisiert. Versuch 21 hat im Koordinatensystem eine gegensätzliche Lage. Diese Eiscreme wird durch einen stärkeren Geschmack nach Vollmilch, Butter und Zucker ausgezeichnet. Auch die Wahrnehmung des künstlichen Aromas im Nachgeschmack trennt dieses Speiseeis von den anderen Produkten.

Versuch 6 wurde als Doppelprobe zweimal verkostet. Beide Proben liegen nach der Hauptkomponentenanalyse sehr dicht zusammen. Sie wurden vom Panel also als sehr ähnlich beschrieben. Auch an den Rohdaten (Tabelle 46 im Anhang) ist zu erkennen, dass sich die Intensitäten zwischen den beiden Proben um höchstens zehn Prozentpunkte voneinander unterscheiden. Die Prüfer konnten also wiederholbare Ergebnisse liefern.

4.6 Fragebogen

Alle 72 Prüfpersonen haben den Fragebogen einmal ausgefüllt. 62 der befragten Personen waren Frauen. Dies liegt am Geschlechterverhältnis beim Beruf der Laboranten, der vor allem von Frauen ausgeübt wird. Die meisten Prüfpersonen befanden sich in der entsprechenden Ausbildung oder üben den Beruf bei der LUFA aus.

42 Prüfpersonen waren 25 Jahre oder jünger, 11 waren zwischen 26 und 39, 18 zwischen 40 und 59 und eine Person war 60 oder älter. Für die weitere Auswertung wurden die beiden letzten Altersgruppen zusammengefasst, sodass 19 Personen zwischen 40 und 65 Jahre alt sind.

Zu den Verzehrsgewohnheiten der Prüfer wurden drei Fragen gestellt. Zwei Fragen bezogen sich auf die Verzehrshäufigkeit von Speiseeis und anderen Süßwaren. Die Ergebnisse zeigt Abbildung 19:

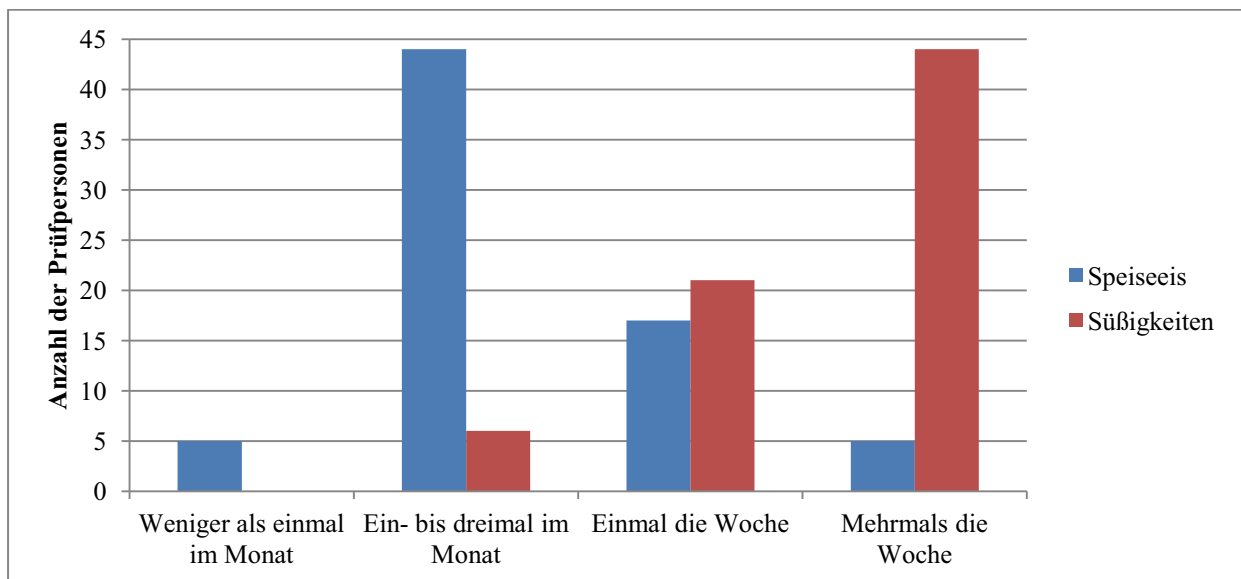


Abb. 19: Verzehrsgewohnheiten von Speiseeis und Süßigkeiten

Eis wird von den meisten ein- bis dreimal im Monat verzehrt (45 Personen). Im Gegensatz dazu werden Süßigkeiten von 21 Prüfpersonen einmal die Woche und von 45 Prüfern mehrmals die Woche gegessen, also um einiges häufiger.

Betrachtet man die Verzehrsgewohnheiten zwischen Männern und Frauen getrennt, ändert sich das Bild nur leicht (Abbildung 20).

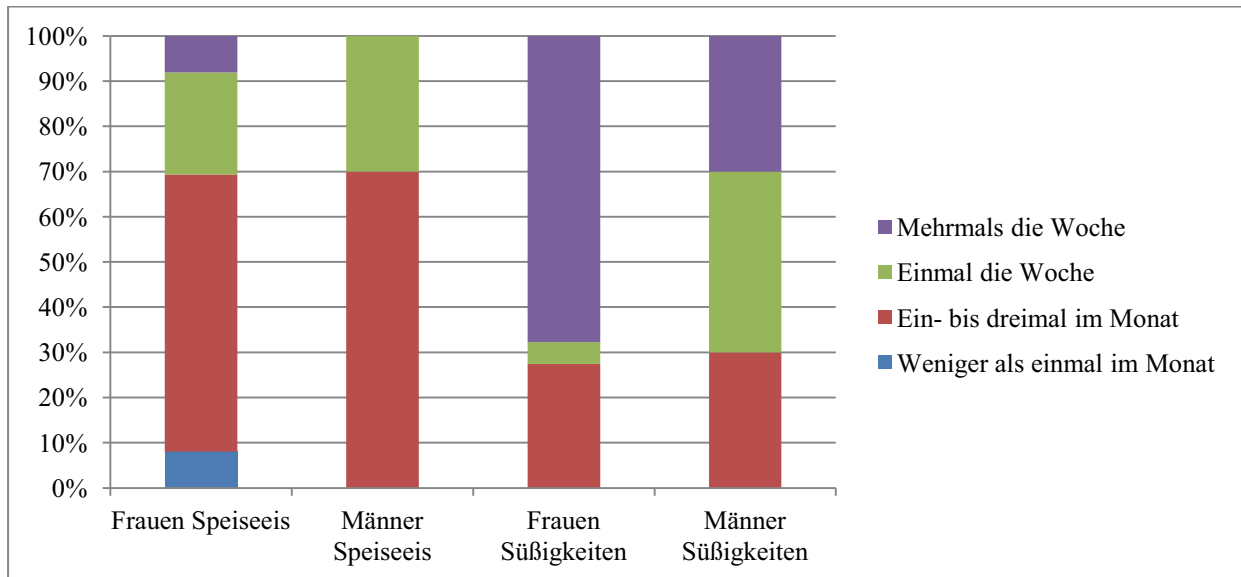


Abb. 20: Verzehrsgewohnheiten nach Geschlecht getrennt

Zur besseren Vergleichbarkeit wurden die prozentualen Anteile an den jeweiligen Gruppen angegeben.

Der Verzehr von Speiseeis bleibt in etwa gleich. Etwa 70 % essen Eis bis zu dreimal im Monat, die restlichen 30 % mindestens einmal die Woche. Weitere Süßigkeiten werden von Frauen häufiger verzehrt. 68 % gaben an, mehrmals in der Woche andere Süßwaren als Eis zu essen.

Werden die Verzehrsgewohnheiten nach dem Alter differenziert betrachtet, fällt auf, dass die Personengruppe ab 40 Jahre häufiger Speiseeis und Süßwaren verzehrt (Abbildung 21).

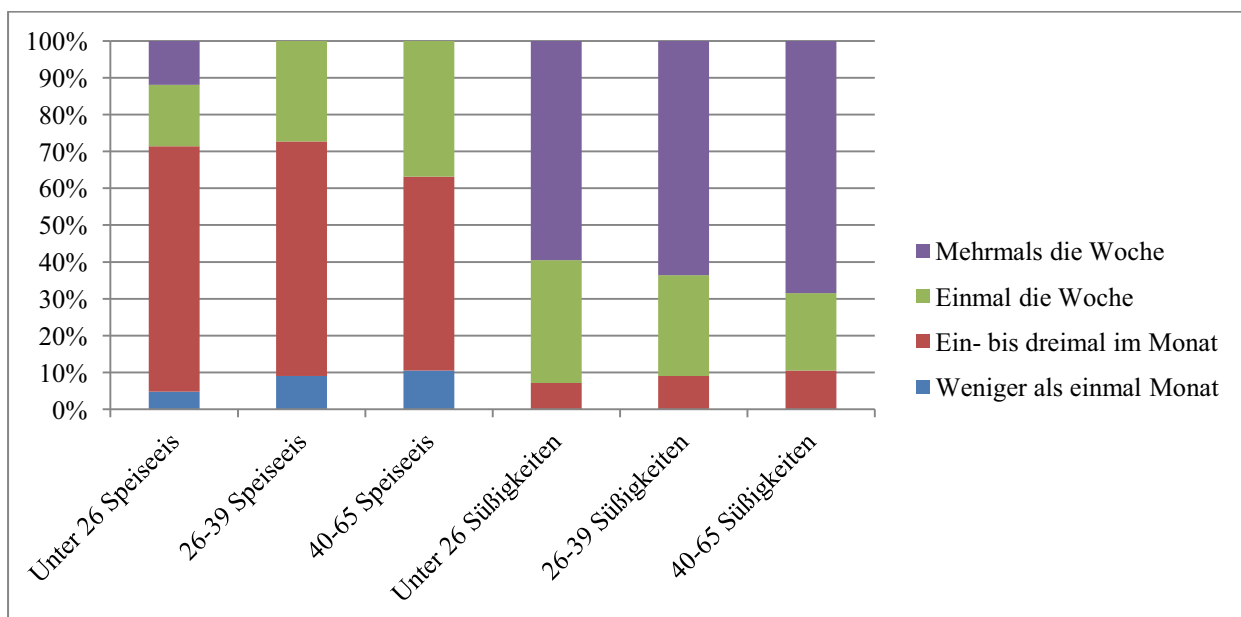


Abb. 21: Verzehrsgewohnheiten nach Alter getrennt

In einer weiteren Frage wurde nach den genutzten Süßungsmitteln in Kaffee oder Tee gefragt (Abbildung 22).

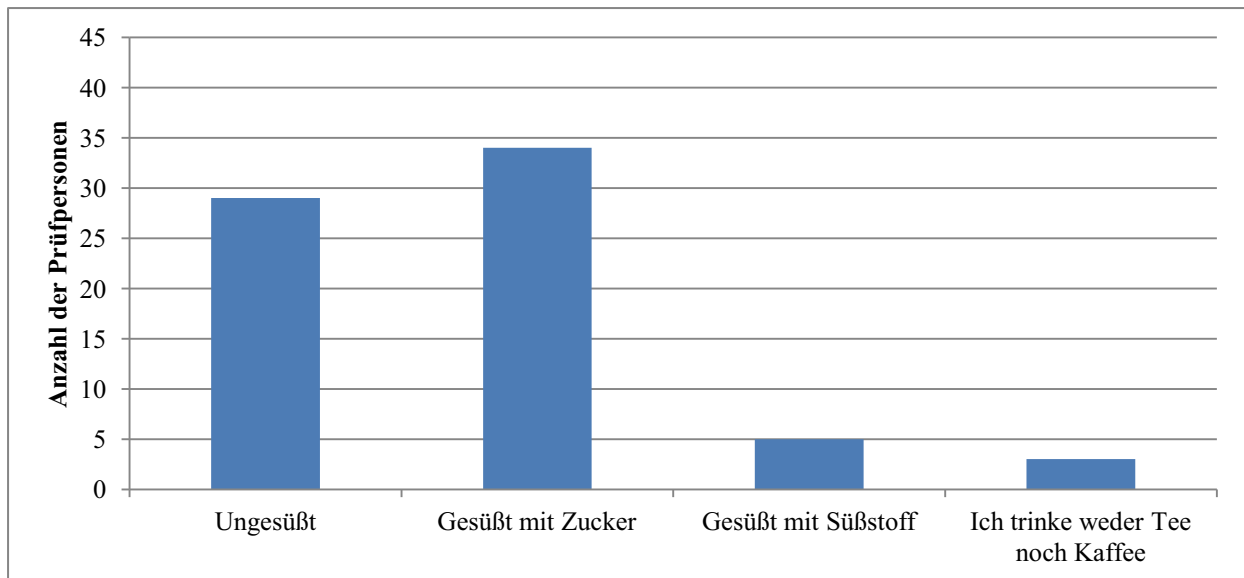


Abb. 22: Eingesetztes Süßungsmittel in Kaffee oder Tee

Die überwiegende Mehrheit trinkt Heißgetränke entweder ungesüßt (29 Personen) oder mit Zucker (35 Personen). Nur fünf Prüfpersonen sagten aus, dass sie Süßstoff benutzen, drei trinken weder Kaffee noch Tee.

Desweiteren wurde untersucht, ob die befragten Eigenschaften der Prüfpersonen einen Einfluss auf die Bewertung der Vanilleeiscremes hatten. Dazu wurden die Prüfer in Gruppen eingeteilt und untersucht, ob sich die Ergebnisse der hedonischen Prüfungen signifikant unterscheiden. Die Ergebnisse fasst die Tabelle 47 zusammen:

Tab. 47: Einfluss der Prüfpersonen auf die Bewertung der Proben

	Gesamteindruck			Geschmack			Aussehen		
	F-Wert	p		F-Wert	p		F-Wert	p	
Alter	0,162	0,851	-	2,262	0,105	-	1,156	0,315	-
Geschlecht	0,774	0,379	-	0,013	0,910	-	0,217	0,641	-
Eisverzehr	2,724	0,043	*	2,314	0,075	-	0,805	0,491	-
Kaffee/ Tee	12,284	0,000	***	8,696	0,000	***	12,016	0,000	***

Alter oder Geschlecht der Prüfpersonen hatte keinen signifikanten Einfluss auf die Bewertung der Proben.

Wie oft Speiseeis gegessen wurde hatte einen signifikanten Einfluss auf die Beurteilung des Gesamteindrucks. Die Prüfpersonen waren in vier Gruppen eingeteilt, ob sie Eis weniger als einmal pro Monat, ein- bis dreimal pro Monat, einmal pro Woche oder mehrmals in der Woche verzehren. Die erste Gruppe vergab im Mittel nur 2,95 Punkte ($s = \pm 1,13$), die zweite Gruppe 3,17 ($s = \pm 1,11$), die dritte Gruppe 3,34 ($s = \pm 1,10$) und die vierte Gruppe 2,98 Punkte ($s = \pm 0,95$). Ein durchgeführter Tukey-Test ergab allerdings, dass es keine paarweisen signifikanten Unterschiede zwischen diesen einzelnen Gruppen gab.

Daher wurden weitere Untersuchungen gemacht: Die Eisproben mit 12 % Saccharose wurden von den vier Gruppen hoch signifikant unterschiedlich bewertet ($p = 0,024$). Auch die Eiscremes ohne Aspartam wurde hoch signifikant unterschiedlich beurteilt ($p = 0,024$). Allerdings ergaben auch hier Tukey-Tests keine paarweisen signifikanten Unterschiede. Die Abbildung 23 zeigt, wie viele Punkte die einzelnen Gruppen im Mittel vergeben haben.

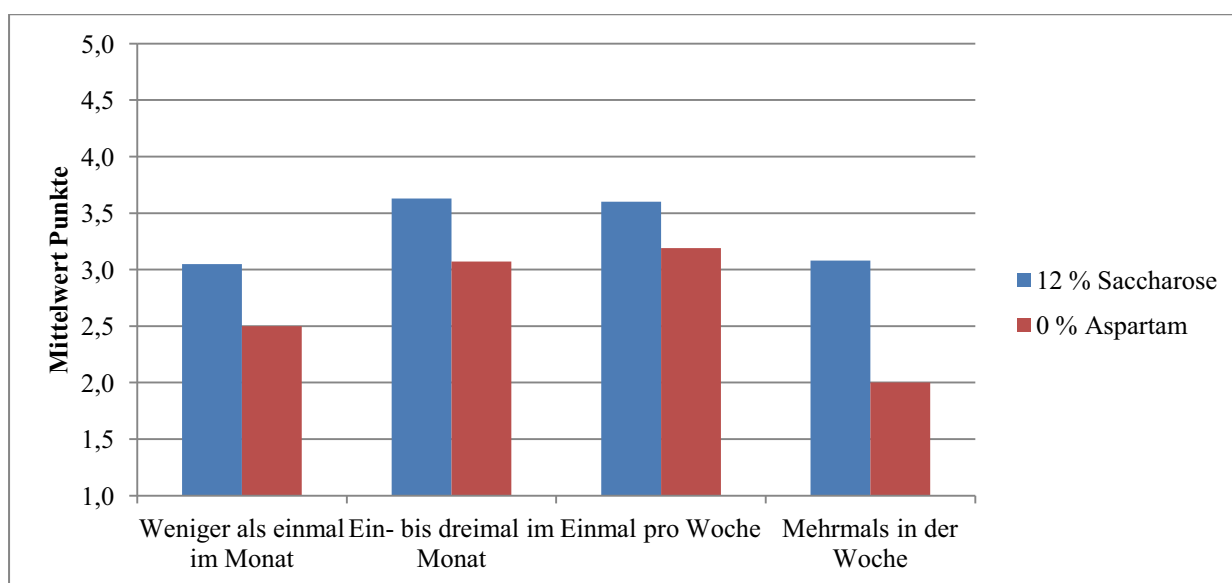


Abb. 23: Bewertung abhängig von den Verzehrsgewohnheiten von Speiseeis

Beide Eisgruppen wurden von denjenigen, die Speiseeis ein- bis dreimal im Monat oder einmal pro Woche essen, am besten bewertet.

Betrachtet man die Beurteilung der Eiscremes nach den eingesetzten Aromen getrennt, so gab es keine signifikanten Unterschiede bei den unterschiedlichen Verzehrsgewohnheiten.

Ob und wie die Prüfpersonen Kaffee, bzw. Tee süßen hatte höchst signifikanten Einfluss auf die Bewertung aller drei Merkmale (Tabelle 47). Drei Personen gaben im Fragebogen an, beide Getränke nicht zu konsumieren. Diese wurden aus den nachfolgenden Untersuchungen herausge-

nommen. So wurden die Prüfer in die drei Gruppen „ungesüßt“, „gesüßt mit Zucker“ und „gesüßt mit Süßstoff“ eingeteilt. Tabelle 48 zeigt, welche Punkte die einzelnen Gruppen im Mittel vergeben haben:

Tab. 48: Hedonische Prüfung nach Süßung von Getränken

	Gesamteindruck			Geschmack			Aussehen		
	\bar{x}	s	Gruppe	\bar{x}	s	Gruppe	\bar{x}	s	Gruppe
Ungesüßt	3,02	1,09	C	2,79	1,18	B	3,37	1,04	C
Zucker	3,28	1,08	B	3,07	1,21	A	3,59	1,04	B
Süßstoff	3,72	1,01	A	3,40	1,15	A	4,05	0,91	A

Die Prüfpersonen, welche die Heißgetränke ungesüßt konsumieren, haben den Proben bei Gesamteindruck, Geschmack und Aussehen signifikant weniger Punkte gegeben. Die Prüfer, die Süßstoff nutzen, haben das Speiseeis immer am besten bewertet.

Bei weiteren Varianzanalysen wurden die Versuche nach ihren Anteilen an Saccharose, Aspartam, Extrakt, natürlichem Vanillearoma und künstlichem Aroma unterschieden. So konnte beispielsweise untersucht werden, ob Eiscremes mit unterschiedlichen Saccharosegehalten von den drei Personengruppen unterschiedlich beurteilt wurde. Die Ergebnisse dazu fasst die Tabelle 49 zusammen:

Tab. 49: Varianzanalysen abhängig von der Getränkesüßung

	Gesamteindruck			Geschmack			Aussehen		
	F	p		F	p		F	p	
0,00 % Aspartam	1,421	0,243	-	2,220	0,111	-	1,028	0,359	-
0,05 % Aspartam	7,168	0,001	***	6,296	0,002	**	7,585	0,001	***
0,10 % Aspartam	5,004	0,008	**	2,331	0,100	-	4,567	0,011	*
0 % Saccharose	6,745	0,001	**	4,724	0,009	**	5,715	0,004	**
6 % Saccharose	1,214	0,305	-	1,725	0,188	-	1,681	0,195	-
12 % Saccharose	5,258	0,006	**	3,484	0,032	*	6,356	0,002	**
0,00 % Extrakt	6,831	0,001	**	3,804	0,023	*	4,269	0,015	*
0,05 % Extrakt	1,592	0,208	-	3,462	0,034	*	1,949	0,147	-
0,10 % Extrakt	3,105	0,046	*	1,930	0,147	-	5,525	0,004	**
0,00 % natürliches Aroma	6,105	0,002	**	3,484	0,032	*	7,697	0,001	***
0,05 % natürliches Aroma	2,124	0,126	-	2,254	0,111	-	2,517	0,087	-
0,15 % natürliches Aroma	3,763	0,024	*	3,343	0,037	*	3,122	0,045	*
0,00 % künstliches Aroma	2,863	0,058	-	2,713	0,068	-	4,189	0,016	*
0,10 % künstliches Aroma	9,771	0,000	***	6,048	0,003	**	7,448	0,001	***

Die größten Unterschiede in den Bewertungen gab es zwischen den verschiedenen Aspartamgehalten. Vor allem bei Zusatz von 0,05 % Süßstoff, hier sind die Unterschiede bei allen drei Merkmalen mindestens hoch signifikant. Aber auch bei verschiedenen Zusatzmengen an Aromen unterschieden sich die Prüfer zum Teil signifikant.

Für das Merkmal Gesamteindruck sind die durchschnittlichen Punkte aller Variablen, bei den sich die Bewertungen signifikant unterschieden, in der Abbildung 24 beispielhaft dargestellt:

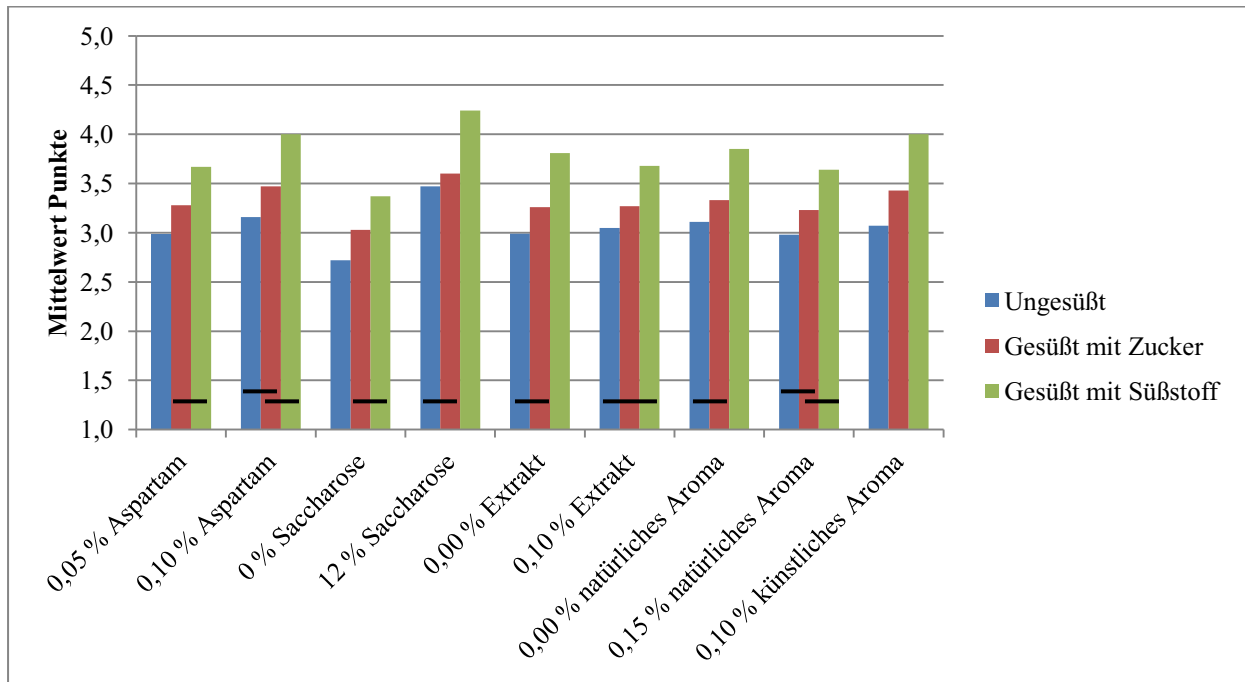


Abb. 24: Punkte für Gesamteindruck, abhängig von der Getränkesüßung

Bei Balken, die über Striche miteinander verbunden sind, unterschieden sich die Punkte nicht signifikant voneinander.

Tukey-Tests ergaben, dass bei signifikanten Unterschieden immer die Prüfer, welche Süßstoff konsumieren, die höchsten Punkte vergeben haben. Die Personengruppe, welche ihre Getränke gar nicht süßt, vergaben im Mittel immer die wenigsten Punkte. Dies war unabhängig davon, ob die Eiscremes nach Süßungsmitteln oder nach Aromen getrennt wurden.

5 Diskussion

In diesem Kapitel werden die erarbeiteten Ergebnisse interpretiert und mit anderen Versuchen verglichen.

Vor den eigentlichen Hauptversuchen wurden vier Vorversuche durchgeführt. Hierbei wurden die Rezepturen der Eiscremes jeweils leicht abgewandelt. Die Gründe und Auswirkungen werden im Kapitel 5.1 dargestellt.

Die verschiedenen sensorischen Prüfungen wurden mit ungeschulten und geschulten Prüfern durchgeführt. Ob und wie sich die Bewertung der Eiscremes zwischen verschiedenen Personengruppen unterschied, wird unter 5.2 beschrieben.

Während der Hauptversuche wurden 26 Vanilleeiscremes mit unterschiedlichen Aromen und Süßungsmitteln hergestellt. Wie die sensorischen Eigenschaften von der Aromazusammensetzung beeinflusst wurden zeigt das Kapitel 5.3, wie von den Süßungsmitteln das Kapitel 5.4.1.

Die Zugabe von Saccharose oder Süßstoffen hatte auch Einfluss auf die Zusammensetzung der Eiscremes. Dies wird in Kapitel 5.4.2 dargestellt.

Welche Schlussfolgerungen aus den Ergebnissen zu ziehen sind, wird unter 5.5 beschrieben.

5.1 Vorversuche

Die Herstellung der Vorversuche wurde in Kapitel 4.1 beschrieben.

Im ersten Vorversuch wurde der Zielwert für den Aufschlag auf 120 % eingestellt (Kapitel 4.1.1). Es wurden allerdings nur knapp 97 % erreicht. Ein Grund kann darin liegen, dass die Reifezeit von drei Stunden zu kurz gewesen ist, als dass die Stabilisatoren ihre volle Wirkung entfalten konnten. Zudem könnte die Zugabe des Emulgators oder der Stabilisatoren zu gering gewesen sein. Wahrscheinlich wurde auch zu wenig fettfreie Milchtrockenmasse zugegeben. Ist der Gehalt zu niedrig, lässt sich die Eiscreme im Freezer schlecht aufschlagen (Timm, 1985).

Durch den zu geringen Aufschlag wurde die Konsistenz der Eiscreme in der Verbraucherbefragung als mangelhaft bewertet.

Beim zweiten Vorversuch wurde die Reifezeit auf 25 Stunden verlängert und der Sollwert des Aufschlags auf 150 % erhöht (Kapitel 4.1.2). Der tatsächliche Aufschlag lag bei 148 %. Da jetzt der Sollwert beinahe erreicht wurde, kann von einem positiven Effekt der verlängerten Reifezeit ausgegangen werden. Dabei können unter anderem die Stabilisatoren ihre volle Wirkung entfalten. Sie sorgen auch für eine gleichmäßige Verteilung der Luftblasen, sodass mehr Luft in die Eiscreme eingeschlagen werden kann.

Auch der dritte Vorversuch, mit einer Stabilisator-Emulgator-Mischung, reifte 26 Stunden und hatte einen Aufschlag von 148 %. Der Sollwert wurde bei 150 % beibehalten.

So auch beim vierten und letzten Vorversuch. Hier wurden der Trockensubstanz- und der Proteingehalt durch einen größeren Anteil an Magermilchpulver erhöht (Tabelle 13). Auch diese Parameter haben großen Einfluss auf das Gefüge und das Mundgefühl der Eiscreme (Timm, 1985). Die Ergebnisse des Verbrauchertests (Kapitel 4.1.3, Tabelle 14) verdeutlichen, dass die einzelnen Stabilisatoren und Emulgator zu beliebter Eiscreme führten. Aber erst durch den höheren Anteil an Magermilchpulver, im vierten Vorversuch, und damit dem höheren Proteingehalt wurde das Eis cremig. Dies konnte an den hohen Punkten für den Gesamteindruck und den positiven Kommentaren für diese Eiscreme festgestellt werden. Sie wurde von mehreren Prüfpersonen als cremig beschrieben. Somit wurde der positive Einfluss eines höheren Trockensubstanz- und Proteingehaltes auf das Mundgefühl bestätigt.

5.2 Einfluss der Prüfpersonen auf die sensorische Beurteilung

Die Teilnehmer der Verbraucherbefragungen füllten alle einen Fragebogen zu Verzehrsgewohnheiten, Alter und Geschlecht aus (Kapitel 4.6). Über die Ergebnisse konnte untersucht werden, wie einzelne Personengruppen die sensorische Bewertung der Vanilleeiscremes beeinflussten. So fanden Guinard u. a. (1996) und Stokols u. a. (2006) bei hedonischen Prüfungen Unterschiede zwischen Männern und Frauen bei der Bewertung des Geschmacks. Bei der Gesamtbeliebtheit gab es keine signifikanten Unterschiede (Stokols u. a., 2006).

In der aktuellen Studie hatte das Geschlecht der Prüfpersonen keinen signifikanten Einfluss auf die Bewertung, bei keinem der drei Merkmale Gesamtbeliebtheit, Aussehen oder Geschmack (Tabelle 47).

Auch die verschiedenen Altersgruppen bewerteten die Eiscremes nicht signifikant unterschiedlich. In der Untersuchung von Stokols u. a. (2006) bevorzugten jüngere Verbraucher süßeres Speiseeis.

Im Fragebogen wurde auch danach gefragt, ob die Prüfer Kaffee oder Tee ungesüßt, mit Zucker gesüßt oder mit Süßstoff gesüßt trinken. Dies hatte höchst signifikanten Einfluss auf die Bewertung der Eiscremes: Die Prüfpersonen, welche Süßstoff nutzen, haben alle Eiscremes im Mittel immer als am besten bewertet. Die Personen, die ihre Getränke nicht süßen, vergaben im Mittel immer am wenigsten Punkte (Tabelle 48, Abbildung 24).

Bis auf zwei Ausnahmen enthielt jede Eiscreme Saccharose und/ oder Süßstoff. Jede Sorte war also, mehr oder weniger, süß im Geschmack. Auch die bitteren Heißgetränke werden durch Sac-

charose und insbesondere durch Süßstoff süß. Dies lässt darauf schließen, dass die süßenden Personengruppen allgemein süßere Lebensmittel bevorzugen. Während diejenigen, die Kaffee oder Tee ungesüßt trinken, eher nicht süße Lebensmittel verzehren und daher das süße Eis schlechter bewerteten. Allerdings lässt sich die Hypothese nicht durch die Angaben zu Verzehrsgewohnheiten von Speiseeis und anderen Süßwaren bestätigen.

Während der hedonischen Prüfung bewerteten die Prüfpersonen Gesamteindruck, Geschmack und Aussehen. Tabelle 29 im Anhang zeigt die Gruppeneinteilung aller Hauptversuche nach ihrer Verbraucherbeliebtheit, einzeln für die drei Merkmale. Es fällt dabei auf, dass sich die Proben jeweils in fast der gleichen Reihenfolge befinden. Wurde eine Eiscreme also insgesamt als schlecht bewertet, so auch sein Geschmack und Aussehen. Andersherum wurde eine Probe von hoher Qualität bei allen Merkmalen als gut bewertet. Auf diesen „Halo-Effekt“ wiesen auch Meilgaard u. a. (2007) hin. Er tritt häufig bei Prüfungen mit Verbrauchern auf, wenn nach mehreren Attributen oder Merkmalen gefragt wird.

Bei jeder hedonischen Prüfung wurde zuerst nach dem Gesamteindruck, als wichtigstes Merkmal, gefragt. Daher kann ausgeschlossen werden, dass dieser von der Bewertung des Geschmacks oder des Aussehens beeinflusst wurde.

Die Konsensprofilprüfung wurde mit sechs geschulten Prüfern durchgeführt (Kapitel 4.5.4). Um die sensorischen Fähigkeiten des Panels zu überprüfen, wurde eine Eiscreme als Doppelprobe zweimal verkostet. In den Intensitäten der einzelnen Attribute unterschieden sich die beiden Proben um höchstens zehn Prozentpunkte (Tabelle 46 im Anhang). Auch die Hauptkomponentenanalyse zeigt, dass beide Proben im Koordinatensystem sehr dicht zusammen liegen (Abbildung 18).

Das Panel hat somit eine gute Wiederholbarkeit gezeigt. Dies zeigt, dass die Prüfer für die Prüfungen ausreichend geschult waren. Es kann also davon ausgegangen werden, dass das Panel richtige Ergebnisse geliefert hat.

5.3 Einfluss der Aromazusammensetzung auf die sensorischen Eigenschaften

Bei der Verbraucherbefragung schnitten die Eiscremes, welche das künstliche Aroma enthielten, bei Gesamteindruck und Geschmack als signifikant am besten ab (Kapitel 4.5.1, Tabelle 35). Speiseeis mit natürlichem Vanillearoma wurde im Geschmack signifikant als am schlechtesten bewertet. Die Zugabe von Extrakt hatte keinen signifikanten Einfluss auf die Verbraucherbeliebtheit.

Parker u. a. führten 2005 ebenfalls Verbraucherbefragungen zu Vanilleeis mit unterschiedlichen Aromaarten durch. Wurden die Proben nicht mit dem eingesetzten Aroma gekennzeichnet, wurde das Eis nur mit natürlichem Vanillearoma weniger gemocht als Eis mit einer Mischung aus natürlichem und künstlichem Aroma.

Diese Ergebnisse konnten bestätigt werden (Tabelle 37). Betrachtet man die vergebenen Punkte abhängig von der Zugabe von natürlichem Vanillearoma und künstlichem Aroma, haben die Eiscremes mit beiden Aromaarten bei Gesamteindruck, Geschmack und Aussehen signifikant besser abgeschnitten als Eis nur mit dem natürlichen Aroma.

Besonders der Vanillegeschmack wurde in Eiscremes mit natürlichem Aroma als schlechter bewertet als in Eiscremes mit künstlichem Aroma (Parker u. a., 2005). Ein Vorteil der künstlichen Aromen liegt darin, dass die Aromastoffe für den gewünschten sensorischen Effekt gemischt werden können (King, 1994). Bei Extrakt oder natürlichem Vanillearoma hängt das Aroma hauptsächlich von der Vanilleschote ab und kann nur abgerundet werden. Ein gutes Vanillearoma ist aber entscheidend für die Akzeptanz von Vanilleeis (Guinard u. a., 1997; Li u. a., 1997). Vermutlich wurden in Eiscremes mit einer Kombination aus künstlichem und natürlichem Aroma negative Aromanoten aus dem natürlichen Vanillearoma vom künstlichen Aroma überdeckt. In der Profilprüfung wurde auch eine Eiscreme mit dem natürlichen Aroma untersucht (Kapitel 4.5.4). Außer im Versuch mit Neohesperidin konnten die Prüfer nur in diesem Speiseeis einen süßstoffsüßen und metallischen Geschmack und den Geschmack nach H-Milch feststellen, obwohl keine Süßstoffe zugegeben wurden (Tabelle 46 im Anhang). Alle drei Attribute sind negative Geschmackseindrücke (Guinard u. a., 1997; Li u. a., 1997).

Dieser Versuch wurde nur mit Saccharose gesüßt und es gab, außer den unterschiedlichen Aromen, keine Rezepturunterschiede zu den Versuchen 4 und 21. Daher müssen die negativen Eindrücke durch das natürliche Vanillearoma hervorgerufen worden sein. Dies korreliert mit den Ergebnissen der Verbraucherbefragung, in denen die Aromaart einen signifikant negativen Einfluss auf die Beliebtheit hatte (Tabelle 34).

Versuch 4, mit Vanilleextrakt aromatisiert, erzeugte als einzige Probe ohne Süßstoff einen leichten metallischen Nachgeschmack. Dies wirkte sich aber nicht auf die hedonische Prüfung aus, da

die ungeschulten Prüfpersonen die Merkmale Nachgeschmack und Nachgefühl nicht bewertet haben.

Die Versuche 12 und N wurden mit einer Mischung aus 0,05 % Extrakt und 0,10 % künstlichem Aroma versetzt. Die Prüfer der Profilprüfung konnten allerdings nur den Geschmack des künstlichen Aromas wahrnehmen. Wahrscheinlich hat dieses Aroma die typischen Aromanoten des Bourbon-Vanilleextrakts überdeckt. Dies stimmt mit den Ergebnissen der hedonischen Prüfung überein, in der die Zugabe von Extrakt keinen signifikanten Einfluss auf die Beliebtheit der Eiscremes hatte.

Auch in einer Rangordnungsprüfung wurden Proben mit unterschiedlicher Aromazusammensetzung miteinander verglichen (Kapitel 4.5.2). In den Eiscremes mit Extrakt oder mit künstlichem Aroma war eine signifikant höhere Vanilleintensität als in den Proben mit natürlichem Vanillearoma wahrnehmbar ($p \leq 0,01$, Tabelle 41). Allerdings gab es keine signifikanten Unterschiede in Bezug auf die Beliebtheit der Proben ($p > 0,05$).

Bei einem möglichen Skalenwert zwischen 0 % und 100 % bekam die Eiscreme mit Vanilleextrakt auch in der Profilprüfung von den nur mit Saccharose gesüßten Proben mit 60 % den höchsten Wert in der Intensität der Vanillearomen (Tabelle 46 im Anhang).

Stiftung Warentest veröffentlichte 2009 einen Test mit unterschiedlichen Vanilleeis. Hier wurde Extrakt als das hochwertigste Aroma bezeichnet. Wurde in Speiseeis künstliches Aroma oder zu wenig Extrakt zugegeben, wurde die Note für die Aromaqualität und damit das Gesamtergebnis massiv abgewertet. Die aktuellen Untersuchungen brachten gegenteilige Ergebnisse: Vanilleeiscremes mit künstlichem Aroma wurden als am besten bewertet und der Gehalt an Vanilleextrakt hatte keinen signifikanten Einfluss auf die Verbraucherbeliebtheit.

5.4 Einfluss der Süßungsmittel

Neben der Aromaart wurden auch Süßungsmittel in den Vanilleeiscremes variiert. Die unterschiedlichen Zugaben an Saccharose, Aspartam oder Neohesperidin hatten Einfluss auf die sensorischen Eigenschaften und auf die Zusammensetzung der Proben.

5.4.1 Sensorische Bewertung

In Tabelle 29 (im Anhang) fallen vor allem die Versuche 1 und 2 auf. Diese haben insbesondere bei Gesamteindruck und Geschmack signifikant schlechter abgeschnitten als die anderen Hauptversuche. Beide Eiscremes wurden ohne Saccharose oder Süßstoff hergestellt. Dies zeigt auf den ersten Blick den großen Einfluss der Süßungsmittel auf die Qualität von Speiseeis.

In der hedonischen Prüfung hatte der Saccharosegehalt höchst signifikanten Einfluss auf Gesamteindruck, Geschmack und Aussehen (Kapitel 4.5.1, Tabelle 30). Der Anteil an Aspartam hatte einen hoch signifikanten Einfluss auf Gesamteindruck und Geschmack. Die Wechselwirkungen zwischen Saccharose und Aspartam hatten ebenfalls höchst signifikanten Einfluss auf alle drei Merkmale. Der F-Wert war dabei jeweils beim Geschmack am höchsten. Der Gehalt an Süßungsmitteln hat die Beliebtheit des Geschmacks also mehr beeinflusst als von Textur, Mundgefühl oder Aussehen. Zu diesem Ergebnis kamen auch Guinard u. a. (1996).

Saccharose hatte von allen Faktoren den größten Einfluss auf die Beliebtheit. Dies wird von vielen anderen Studien bestätigt (Guinard u. a., 1996; Guinard u. a., 1997; Specter u. a., 1994; Stampanoni Koferli u. a., 1996; Stokols u. a., 2006).

Eiscremes mit 12 % Saccharose, dem höchsten Gehalt, wurden bei allen drei Merkmalen als signifikant besser bewertet als Eiscremes mit 0 % oder 6 % Saccharose (Tabelle 31). Eiscremes mit 0,10 % Aspartam bekamen im Gesamteindruck signifikant mehr Punkte als Eiscremes ohne Aspartam und im Geschmack sogar signifikant mehr als Proben ohne oder mit 0,05 % Aspartam (Tabelle 32). Goff u. a. (1984) süßten Speiseeis ebenfalls mit 0,05 % oder 0,10 % Aspartam. Der Gehalt korrelierte signifikant mit der Süße in den Proben und der Verbraucherakzeptanz.

Durch den höheren Anteil an Süßungsmitteln wird das Speiseeis süßer (Guinard u. a., 1997; Stampanoni Koferli u. a., 1996). Die Ergebnisse zeigen, dass süßes Eis bevorzugt wird. Dies wird von Abril u. a. (1982), Goff u. a. (1984), Guinard u. a. (1996), Li u. a. (1997) und Rosenplenter u. a. (2007) bestätigt.

In den aktuellen Untersuchungen wurden als Süßungsmittel vor allem Saccharose und Aspartam eingesetzt. Bei einer Zugabe von zwölf Prozent Saccharose hatte der Aspartamanteil keinen signifikanten Einfluss mehr auf die Verbraucherbeliebtheit (Tabelle 33 im Anhang). Bei null Pro-

zent oder sechs Prozent Saccharose stieg sie signifikant mit dem Aspartamgehalt. Dies zeigt ebenfalls, dass der Saccharosegehalt den größeren Einfluss auf die Verbraucherbeliebtheit hatte. Saccharose süßt Eiscreme nicht nur, sie verstärkt auch einzelne Aromen (Guinard u. a., 1997; Rosenplenter u. a., 2007; Stampanoni Koeflerli u. a., 1996; Wegener, 1990). Mittels einer Rangordnungsprüfung wurden vier Proben mit unterschiedlichen Süßungsmittelkombinationen untersucht (Kapitel 4.5.2). Die Unterschiede waren bei der Beliebtheit von Geschmack und Mundgefühl und der Süße signifikant, aber auch bei der Intensität des Vanillearomas (Tabelle 42).

Versuch 1, ohne Saccharose oder Aromen, war im Geschmack signifikant weniger beliebt als die anderen Proben (Tabelle 43). Die Intensität der Süße und des Vanillearomas waren signifikant geringer, obwohl allen Proben die gleiche Menge künstliches Aroma zugegeben wurden.

Guinard u. a. (1997) und Stampanoni Koeflerli u. a. (1996) bestätigen, dass ein höherer Saccharosegehalt zu einer stärkeren Wahrnehmung von Vanille führt. Vanillearoma und Süße sind in Vanilleeis beides Attribute, die eine hohe Verbraucherbeliebtheit anzeigen (Guinard u. a., 1997; Li u. a., 1997).

Saccharose verstärkt das Aroma aber nicht generell, sondern modifiziert das Aromaprofil (Stampanoni Koeflerli u. a., 1996). So soll Vanilleeis bei einem höheren Gehalt an Saccharose weniger milchig schmecken (Guinard u. a., 1997; Stampanoni Koeflerli u. a., 1996). Dies ist mit den eigenen Ergebnissen allerdings nicht zu bestätigen. Der Gehalt an Süßungsmitteln hatte keinen Einfluss auf die Intensität des Geschmacks von frischer Vollmilch oder H-Milch (Tabelle 46 im Anhang). Desweiteren soll Saccharose das Butteraroma verstärken (Guinard u. a., 1997). Auch dies ist an den Ergebnissen der Profilprüfung nicht zu erkennen.

Neben einer Verbesserung des Geschmacks sorgt das Süßungsmittel auch für eine bessere Textur im Speiseeis (Kapitel 2.4). So wurde das Mundgefühl in der Rangordnungsprüfung von den beiden Eiscremes mit Saccharose als signifikant beliebter bewertet als von Eiscremes ohne Saccharose (Tabelle 43). Specter u. a. (1994) süßten Speiseeis ebenfalls mit Aspartam oder Saccharose und untersuchten die Textur. Sie fanden zwischen den unterschiedlichen Sorten keine signifikanten Unterschiede. Allerdings setzten sie für eine höhere Trockensubstanz zusätzlich ein Polysaccharid ein.

Von allen hergestellten Eiscremes wurde der Aufschlag berechnet (Kapitel 4.3). Der Saccharosegehalt hatte einen höchst signifikanten Einfluss auf die eingeschlagene Menge an Luft (Tabelle 17). Mit null Prozent Saccharose war der Aufschlag signifikant geringer als in Speiseeis mit zwölf Prozent Saccharose (Abbildung 9).

Die Auswertung der hedonischen Prüfung brachte das Ergebnis, dass auch der errechnete Aufschlag höchst signifikanten Einfluss auf die Beliebtheit von Gesamteindruck, Geschmack und

Aussehen hatte (Tabelle 30). Eiscremes mit höherem Aufschlag waren beliebter (Tabelle 39 im Anhang). Somit hatte der Saccharosegehalt auch indirekt Einfluss auf die Beliebtheit der Eiscremes.

Bei einem höheren Aufschlag wird mehr Luft in den Eismix eingeschlagen. Dadurch wird das Mundgefühl der Eiscreme schaumiger oder luftiger. In der Profilprüfung wurden die Eiscremes mit Saccharose als mindestens 30 Prozentpunkte luftiger bewertet (Tabelle 46 im Anhang). Guinard u. a. (1997) bestätigen, dass ein höherer Anteil an Saccharose zu einem luftigeren Mundgefühl führt.

Zudem kamen die Prüfer in der Profilprüfung zu dem Ergebnis, dass die Schnittflächen der Proben mit Saccharose ein raueres Aussehen hatten. Dies wurde wahrscheinlich durch die kleinen eingeschlossenen Luftbläschen hervorgerufen. Das porigste Aussehen, durch viele und größere Luftlöcher, hatte allerdings Versuch 12, mit Aspartam.

Durch eine höhere Saccharosekonzentration in der Eiscreme bilden sich kleinere Eiskristalle. Dies führt zu einem cremigeren Mundgefühl, was bei den Verbrauchern beliebter ist (Guinard u. a., 1997; Li u. a., 1997; Rosenplenter u. a., 2007; Specter u. a., 1994). In der Profilprüfung wurden zwei der drei Sorten mit Saccharose als 70 % bis 80 % cremig im Mundgefühl beschrieben. Die Intensitäten wurden jeweils in Skalen zwischen 0 % und 100 % angegeben. Die Sorten mit Süßstoff wurden als 50 % bis 60 % cremig bewertet. Damit kann bestätigt werden, dass Eiscreme mit Saccharose cremiger wird.

Ein anhaltend kühlendes Mundgefühl war nur in der Eiscreme mit Neohesperidin wahrzunehmen. Saccharose führt zu einem weniger kalten Mundgefühl (Guinard u. a., 1997), allerdings gab es in der Profilprüfung keine Unterschiede zwischen den Eiscremes mit Saccharose oder mit Aspartam.

Am langsamsten schmolz für die Prüfer Versuch 12, mit Aspartam gesüßt. Eine langsame Schmelzrate ist bei den Verbrauchern beliebter (Li u. a., 1997). Die Eiscreme hatte auch das fettigste Mundgefühl und als einzige Eiscreme in der Prüfung einen butterigen Nachgeschmack und ein pelziges Nachgefühl. Dem widersprechen Guinard u. a. (1997) und Stampanoni Koeflerli u. a. (1996). Laut ihren Untersuchungen verlangsamt Saccharose die Schmelzrate und ruft ein fettigeres Mundgefühl hervor.

Betrachtet man den berechneten Aufschlag, so fällt auf, dass dieser bei Versuch 12 nur bei 109 % ($s = \pm 3,93$) lag (Tabelle 16 im Anhang). Die weiteren Versuche, welche in der Profilprüfung untersucht wurden, hatten Aufschläge zwischen 119 % und 131 %. Durch den geringeren Aufschlag wurde unter anderem das Fett weniger durch Luft verdünnt. Wahrscheinlich wurde es deshalb stärker wahrgenommen.

Am schnellsten schmolzen die Proben 4 und N. Der Versuch N wurde mit Neohesperidin gesüßt. Das Ergebnis entspricht also Guinard u. a. (1997) und Stampanoni Koeflerli u. a. (1996), dass Eiscreme ohne oder mit wenig Saccharose eine höhere Schmelzrate hat.

Allerdings wurde der Versuch 4 nur mit Saccharose gesüßt. Diese Eiscreme konnte aus zeitlichen Gründen für die Profilprüfung nicht erneut hergestellt werden, es standen noch genügend Proben zur Verfügung. Allerdings wurde dieser Versuch als vierter Hauptversuch schon relativ früh hergestellt. Daher lagerten die Becher knapp drei Monate bei -28 °C.

Versuch N wurde von allen Hauptversuchen als letztes hergestellt. Die Proben lagerten bis zur Verkostung nur kurz in der Tiefkühltruhe. Versuch 12 wurde nur einige Tage vorher hergestellt. Die Eiscremes 6 und 21 wurden für die Profilprüfung erneut hergestellt, ebenfalls kurz vor der Prüfung.

Durch die längere Lagerung von Versuch 4 kann es zu Texturveränderungen in der Eiscreme gekommen sein, so dass das Speiseeis ein wässrigeres Mundgefühl hatte und schneller im Mund schmolz als die anderen Sorten mit Saccharose.

Der Versuch 12 wurde als einzige Probe in der Profilprüfung mit Aspartam gesüßt. Trotz der Zugabe konnten die Prüfer keine Süßstoffsüße im Geschmack wahrnehmen, sondern nur zuckersüß. Die Süße allgemein lag im mittleren Bereich (Tabelle 46 im Anhang).

Aspartam hat einen rein süßen, angenehmen Geschmack, der nicht von Saccharose zu unterscheiden ist (Rosenplenter u. a., 2007). Dem entsprechen die Ergebnisse der Profilprüfung.

Zudem hat Aspartam in verschiedenen Lebensmitteln geschmacksverstärkende Eigenschaften (Rosenplenter u. a., 2007). Die Vanilleintensität der Eiscreme mit Aspartam wurde von den Prüfern als am höchsten beschrieben. Das Vanillearoma wurde von dem Süßstoff also verstärkt.

Auch in der Hauptkomponentenanalyse wird das Speiseeis gut durch das Geschmacksattribut „künstliches Aroma“ beschrieben (Abbildungen 17 und 18). Dies fällt insbesondere im Vergleich zu Versuch N, mit Neohesperidin, auf, da diese Eiscreme die gleiche Aromazusammensetzung aufwies. Bei dieser Eiscreme wurde die Vanilleintensität mit 40 % als 30 Prozentpunkte geringer beschrieben als in der Eiscreme mit Aspartam. Dies ist durch den geschmacksverstärkenden Süßstoff zu begründen.

Der Versuch N wurde mit dem Süßstoff Neohesperidin gesüßt. Dieser bekam bei der Profilprüfung für die Attribute „süß“ und „süßstoffsüß“ im Geschmack jeweils 100 % (Tabelle 46 im Anhang). Die gleichen Attribute charakterisierten die Eiscreme auch in der Hauptkomponentenanalyse (Abbildungen 17 und 18). Eine Zuckersüße konnte nicht wahrgenommen werden.

Zudem war in diesem Speiseeis als einziges der untersuchten Sorten keine Vollmilch im Geschmack wahrnehmbar. Es hatte allerdings die höchste Intensität an H-Milch, es war also ein

deutlicher Kochgeschmack erkennbar. Ein angenehmer Milchgeschmack ist wichtig für eine hohe Verbraucherakzeptanz der Eiscreme (Guinard u. a., 1997; Li u. a., 1997).

Auch ein bitterer Geschmack wurde nur in dieser Eiscreme herausgeschmeckt. Dieser Nebengeschmack zeigt für Verbraucher eine schlechte Qualität an und ist unbeliebt (Li u. a., 1997). Auch im Nachgeschmack blieb die bittere Note erhalten.

Da diese Attribute auch nicht in Versuch 12, der Eiscreme mit gleicher Aromazusammensetzung wahrnehmbar waren, müssen die Fehlarmen durch den Süßstoff hervorgerufen worden sein. Der leicht metallische Geschmack wird ebenfalls durch Neohesperidin in die Eiscreme gekommen sein. Desweiteren war in Versuch N als einzige Sorte kein Vanillearoma mehr im Nachgeschmack herauszuschmecken. Dies wurde von der Süße, vor allem nach Süßstoff, vollkommen überdeckt.

Von Neohesperidin ist bekannt, dass der Süßstoff einen unangenehmen Nachgeschmack erzeugen kann (Rosenplenter u. a., 2007). In dieser Eiscreme waren die Süßstoffsüße und der bittere und metallische Geschmack auch nach 30 Sekunden noch deutlich wahrzunehmen. Zudem bildete sich ein lakritzartiger Nachgeschmack.

Als einzige weitere Probe hatte auch Versuch 12 eine leichte Süßstoffsüße im Nachgeschmack, obwohl Aspartam eigentlich keinen Nachgeschmack hervorruft (Rosenplenter u. a., 2007).

Die Ergebnisse zeigen, dass sich zum Süßen von Vanilleeiscreme sowohl Saccharose als auch Aspartam eignen. Wichtig ist in erster Linie eine ausreichende Menge, da von den Verbrauchern süßes Speiseeis bevorzugt wird.

Neohesperidin eignet sich durch die Fehlarmen und den starken Nachgeschmack nach jetzigem Stand nicht zum Süßen von Vanilleeiscreme.

5.4.2 Zusammensetzung

In Kapitel 4.4 wurde die Zusammensetzung der Eiscremes berechnet. Der Saccharosegehalt hatte signifikanten Einfluss auf den Kohlenhydrat-, Fett- und Proteinanteil in den Proben (Tabelle 23). Der Gehalt an Kohlenhydraten stieg signifikant mit der Saccharosezugabe (Tabelle 24). Dies hat seinen einfachen Grund darin, dass der Zuckerstoff Saccharose zu 100 % aus Kohlenhydraten besteht.

Der Proteingehalt sank signifikant mit einer höheren Zugabe von Saccharose. Für eine ausreichende Trockensubstanz in den saccharosefreien Sorten wurde mehr Magermilchpulver zum

Eismix zugegeben. Dieses besteht zu rund 35 % aus Proteinen (Tabelle 2). Daher ist der Proteingehalt in Eiscreme ohne Saccharose höher.

Zudem war der Aufschlag in Eiscremes ohne Saccharose im Mittel geringer (Abbildung 9). Auch durch den geringeren Luftpfeinschlag stieg der Proteingehalt pro 100 ml.

Tabelle 23 bestätigt, dass der Aufschlag höchst signifikanten Einfluss auf den Proteingehalt hatte. So auch auf den Fettgehalt. Da bei einem höheren Aufschlag auch der Anteil an Fett pro 100 ml geringer ist, hat die Zugabe von Saccharose indirekt Einfluss auf den Fettgehalt in den Eiscremes gehabt.

Es gab keine signifikanten Unterschiede im Brennwert durch die unterschiedliche Zugabe von Saccharose. Er unterschied sich zwischen den einzelnen Versuchen um höchstens 13 %. Saccharose hat einen Energiegehalt von 410 kcal pro 100 g, Magermilchpulver von 350 kcal pro 100 g (Tabelle 2). Der Unterschied ist nicht so groß, als dass der Austausch der beiden Komponenten signifikanten Einfluss auf den Brennwert hätte.

Dazu kommt auch hier der Einfluss des Aufschlags. Da er in Eiscremes ohne Saccharose geringer war, wirkt er der Brennwertverminderung pro 100 ml durch den geringeren Energiegehalt des Magermilchpulvers entgegen.

Auf einen verminderten Brennwert darf in Lebensmitteln erst hingewiesen werden, wenn dieser mindestens 30 % geringer ist als in vergleichbaren herkömmlichen Produkten (Kapitel 2.1.4). Dies ist in den Eiscremes nicht gegeben.

Eiscremes, welche keine Saccharose enthalten, dürfen als „zuckerfrei“ gekennzeichnet werden (Kapitel 2.2). Allerdings enthalten alle hergestellten Sorten, auch die mit Süßstoff gesüßten Eiscremes, Glucosesirup. Daher wäre die Angabe „ohne Zuckerzusatz“ nicht rechtens (Verordnung (EG) Nr. 1924/ 2006, idF v. 20.12.2006).

Zusätzlich müssen alle Sorten, welche Aspartam als Süßstoff enthalten, einen Hinweis auf die Phenylalanin-Quelle enthalten (Rosenplenter u. a., 2007).

In der aktuellen Ernährungssituation werden etwa 50 % der Kohlenhydrate durch Mono- und Disaccharide aufgenommen. Alleine Saccharose macht mehr als ein Drittel der Kohlenhydratzufuhr aus (Biesalski u. a., 2004; Max-Rubner-Institut, 2008). Daher kann die hergestellte zuckerfreie Eiscreme einen kleinen Anteil zu einer gesünderen Ernährung beitragen, ohne dass auf die Süßware verzichtet werden müsste oder ein geringerer Genusswert in Kauf genommen werden müsste.

5.5 Schlussfolgerungen

Als am beliebtesten wurde in der Verbraucherbefragung Eiscreme mit dem künstlichen Aroma beurteilt. Durch das natürliche Vanillearoma entstanden unerwünschte Fremdgeschmäcker, daher ist dieses Aroma nicht gut geeignet für Vanilleeiscreme.

Der Geschmack des Vanilleextraktes wurde in Kombination mit anderen Aromen überdeckt, die Zugabe hatte keinen signifikanten Einfluss auf die Beliebtheit. Es ist also möglich, mit künstlichem Aroma einen besseren Geschmack in Vanilleeiscreme zu erzeugen. Und dies bei geringeren Kosten als mit Extrakt.

Süßes Speiseeis wurde in der hedonischen Prüfung eindeutig bevorzugt. Die Eiscreme sollte also 12 % Saccharose oder 0,10 % Aspartam für eine ausreichende Süße enthalten. Das zuckerfreie Vanilleeis, mit Aspartam, wurde von den Verbrauchern akzeptiert.

Allerdings ist in Eiscremes ohne Saccharose die Textur noch zu verbessern. Diese Sorten hatten einen geringeren Aufschlag, das Mundgefühl war weniger luftig und weniger cremig als in Eiscremes mit Saccharose. Dazu könnte der Zielwert des Aufschlags in den Freezereinstellungen erhöht werden. Eine andere Möglichkeit besteht darin, einen höheren Anteil an Emulgatoren oder Stabilisatoren zuzugeben. Die Zusatzstoffe sorgen für eine bessere Verteilung und einen besseren Einschluss der kleinen Luftbläschen und damit für einen höheren Aufschlag.

12 % Saccharose und 0,10 % Aspartam zusammen ergab zu süße Eiscreme und wurde abgewertet. Eine Kombination aus 6 % Saccharose und 0,10 % Aspartam wurde in diesen Untersuchungen nicht eingesetzt. Diese könnte die optimale Süße und ein gutes Mundgefühl bringen.

Neohesperidin ist als alleiniger Süßstoff nicht für Vanilleeiscreme geeignet. Es erzeugt zu viel Fremdgeschmack, der das Vanillearoma überdeckt, und einen starken Nachgeschmack. Es wäre allerdings sinnvoll, weitere Versuche durchzuführen, in denen Süßstoffkombinationen eingesetzt werden, beispielsweise Neohesperidin zusammen mit Aspartam. Aspartam bewirkt eine Geschmacksverstärkung des Vanillearomas, ohne Nachgeschmack, und Neohesperidin erzielt die nötige Süße im Speiseeis.

6 Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit wurden Vanilleiscremes mit unterschiedlichen Aromen und Süßungsmitteln hergestellt und sensorisch untersucht.

Vorab wurden vier Vorversuche durchgeführt, um eine Grundrezeptur in Bezug auf Fett, Milchanteil und Zusatzstoffe zu optimieren. Anschließend wurden insgesamt 26 Hauptversuche durchgeführt, in denen zwischen 0,00 % und 0,15 % künstliches Aroma, natürliches Vanillearoma und Bourbon-Vanilleextrakt eingesetzt wurden. Gesüßt wurden die Eiscremes mit 0 %, 6 % oder 12 % Saccharose, 0,00 %, 0,05 % oder 0,10 % Aspartam oder 0,01 % Neohesperidin.

Alle Eiscremes wurden in hedonischen Prüfungen mit 32 bis 36 Teilnehmern in Bezug auf den Gesamteindruck, Geschmack und Aussehen bewertet. Außerdem wurden zwei Rangordnungsprüfungen durchgeführt, in denen einmal Proben mit konstanter Aromazusammensetzung und einmal Proben mit dem gleichen Süßungsmittel beurteilt wurden. Zusätzlich wurden fünf Eiscremes von sechs geschulten Prüfern mittels einer Konsensprofilprüfung genau beschrieben.

Am beliebtesten war Eiscreme mit künstlichem Aroma. Eiscreme mit natürlichem Vanillearoma wurde nicht akzeptiert, da es Fremdgeschmäcker wie Kochgeschmack und metallisch hervorrief. Die Zugabe von Extrakt hatte keinen signifikanten Einfluss auf die Verbraucherbeliebtheit. Dessen typischen Geschmacksnoten wurden in Kombination mit den anderen Aromen überdeckt.

Damit wurde die populäre Meinung widerlegt, dass Extrakt das hochwertigste Aroma sei und künstliche Aromen die Produkte nur verfälschen würden. Es kann damit bei den Verbrauchern beliebte Vanilleiscreme zu geringeren Kosten hergestellt werden.

Süße Eiscreme wurde bevorzugt. Am beliebtesten war Vanilleeis mit 12 % Saccharose. Die Beliebtheit stieg auch mit Zugabe von Aspartam signifikant. Allerdings kann die Textur der zuckerfreien Eiscremes noch verbessert werden. Sie hatten einen geringeren Aufschlag und wurden als weniger luftig und weniger cremig beschrieben.

Eine Eiscreme wurde mit dem Süßstoff Neohesperidin gesüßt. Diese war allerdings weniger beliebt, da das Speiseeis starke Fremdgeschmäcker aufwies, die zum Teil das Vanillearoma überdeckten. Außerdem waren metallische, süßstoffsüße und lakritzartige Geschmacksnoten sehr langanhaltend. Somit ist Neohesperidin, zumindest als alleiniger Süßstoff, nicht für den Einsatz in Vanilleiscreme geeignet.

Aber es konnten gute zuckerfreie Eiscremes mit dem Süßstoff Aspartam hergestellt werden. Diese hatten zwar nur einen geringfügig niedrigeren Brennwert, können aber durch den geringeren Kohlenhydratgehalt einen kleinen Beitrag zu einer gesünderen Ernährung leisten.

7 Literaturverzeichnis

- Abd-El-Ghany, I. H. I.: Production of low calorie ice-milk. Using sucralose as sweetener. Egyptian Journal of Dairy Science 36 (2008), Nr. 1, S. 111 – 117.
- Abril, J. R.; Stull, J. W.; Taylor, R. R.; Angus, R. C.; Daniel, T. C.: Characteristics of frozen desserts sweetened with xylitol and fructose. Journal of Food Science 47 (1982), Nr. 2, S. 472 – 475.
- Baltes, W.: Lebensmittelchemie. 5. Aufl. Berlin: Springer, 2000.
- Bund deutscher Süßwarenindustrie (Hrsg.): <http://www.bdsi.de>. 2011. 15.04.2011.
- Biesalski, H. K.; Grimm, P.: Taschenatlas der Ernährung. 3. Aufl. Stuttgart: Thieme, 2004.
- Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft (Hrsg.): Deutsches Lebensmittelbuch: Leitsätze 2002. Köln: Bundesanzeiger, 2002.
- Civille, G. V.; Liska, I. H.: Modifications and applications to foods of the General Foods sensory texture profile technique. Journal of texture studies 6 (1975), S. 19 – 31.
- Drake, M. A.: Invited Review: Sensory Analysis of Dairy Foods. Journal of Dairy Science 90 (2007), Nr. 11, S. 4925 – 4937.
- ECHIP (1983). ECHIP, USA.
- Elmadfa, I.; Aign, W.; Muskat, E.; Fritzsche, D.: Die große GU Nährwert-Kalorien-Tabelle. 2. Aufl. München: GU, 2005.
- Falbe, J.; Regitz, M. (Hrsg.): Römpf Chemie Lexikon. 9. Aufl. Stuttgart: Thieme, 1992.
- Goff, D.; Jordan, W. K.: Aspartame and polydextrose in a calorie-reduced frozen dessert. Journal of Food Science 49 (1984), S. 306 – 307.
- Guinard, J.-X.; Zoumas-Morse, C.; Mori, L.; Panyam, D.; Kilara, A.: Effect of Sugar and Fat on the Acceptability of Vanilla Ice Cream. Journal of Dairy Science 79 (1996), Nr. 11, S. 1922 – 1927.
- Guinard, J. X.; Zoumas-Morse, C.; Mori, L.; Uatoni, B.; Panyam, D.; Kilara, A.: Sugar and fat effects on sensory properties of ice cream. Journal of Food Science 62 (1997), Nr. 5, S. 1087 – 1094.
- Hayn, D.; Empacher, C.; Halbes, S.: Trends und Entwicklungen von Ernährung im Alltag. 1. Aufl. Frankfurt am Main: Institut für sozial-ökologische Forschung, 2005.

- King, B. M.: Sensory profiling of vanilla ice cream: flavour and base interactions. *Lebensmittel-Wissenschaft und -Technologie* 27 (1994), Nr. 5, S. 450 – 456.
- Li, Z.; Marshall, R.; Heymann, H.; Fernando, L.: Effect of Milk Fat Content on Flavor Perception of Vanilla Ice Cream. *Journal of Dairy Science* 80 (1997), Nr. 12, S. 3133 – 3141.
- Max Rubner-Institut (Hrsg.); Bundesforschungsinstitut für Ernährung und Lebensmittel (Hrsg.): Nationale Verzehrs Studie II: Ergebnisbericht, Teil 2. 1. Aufl. Karlsruhe: 2008.
- Meilgaard, M.; Civille, G. V.; Carr, B. T.: *Sensory evaluation techniques*. 4. Aufl. Boca Raton: CRC Press, 2007.
- Microsoft (2007). Excel, USA.
- Monka, M.; Voß, W.: *Statistik am PC: Lösungen mit Excel 97, 2000, 2002 und 2003*. 4. Aufl. München: Hanser, 2005.
- Nofima (2010). PanelCheck, Norwegen.
- Norm DIN 10961 August 1996. Schulung von Prüfpersonen für sensorische Prüfungen.
- Norm DIN 10962 Oktober 1997. Prüfbereiche für sensorische Prüfungen.
- Norm DIN 10963 November 1997. Rangordnungsprüfung.
- Norm DIN 10967-1 Oktober 1999. Profilprüfung: Teil 1. Konventionelles Profil.
- Norm DIN 10967-2 Oktober 2000. Profilprüfung: Teil 2. Konsensprofil.
- Norm ISO 8587 August 2003. Sensorische Analyse – Methodologie – Rangordnungsprüfung.
- Norm ISO 13299 März 2003. Sensorische Analyse – Methodologie – Allgemeiner Leitfaden zur Erstellung eines sensorischen Profils.
- Parker, A. R.; Penfield, M. P.: Labeling of vanilla type affects consumer perception of vanilla ice cream. *Journal of Food Science* 70 (2005), Nr. 8, S. 553 – 557.
- Roland, A. M.; Phillips, L. G.; Boor, K. J.: Effects of fat content on the sensory properties, melting, color, and hardness of ice cream. *Journal of Dairy Science* 82 (1999), Nr. 1, S. 32 – 38.
- Rosenplenter, K.; Nöhle, U.: *Handbuch Süßungsmittel*. 2. Aufl. Hamburg: Behr's, 2007.
- Schaller-Povolny, L. A.; Smith, D. E.: Sensory attributes and storage life of reduced fat ice cream as related to inulin content. *Journal of Food Science* 64 (1999), Nr. 3, S. 555 – 559.

- Specter, S. E.; Setser, C. S.: Sensory and physical properties of a reduced-calorie frozen dessert system made with milk fat and sucrose substitutes. *Journal of Dairy Science* 77 (1994), Nr. 3, S. 708 – 717.
- Stampanoni Koeflerli, C. R.; Piccanali, P.; Sigrist, S.: The influence of fat, sugar and non-milk solids on selected taste, flavor and texture parameters of vanilla ice-cream. *Food quality and Preference* 7 (1996), Nr. 2, S. 69 – 79.
- Stiftung Warentest (Hrsg.): Viel Luft um wenig Vanille. *Test* 44 (2009), Nr. 6, S. 18 – 23.
- Stokols, J.; Bordi, P.; Palchak, T.; Lee, H. A.: Sensory evaluation: age and gender profiling of lite, no-sugar-added vanilla ice creams. *Journal of Foodservice* 17 (2006), Nr. 1, S. 41 – 48.
- Stone, H.; Sidel, J. L.; Oliver, S.; Woolsey, A.; Singleton, R. C.: Sensory evaluation by quantitative descriptive analysis. *Food technology* 28 (1974), S. 24 – 31.
- Storm, R.: *Wahrscheinlichkeitsrechnung, mathematische Statistik und statistische Qualitätskontrolle*. 10. Aufl. Leipzig: Fachbuchverlag Leipzig – Köln, 1995.
- Timm, F.: *Speiseeis*. 1. Aufl. Berlin: Paul Parey, 1985.
- Verordnung (EG) Nr. 1334/ 2008 des europäischen Parlaments und des Rates über Aromen und bestimmte Lebensmittelzutaten mit Aromaeigenschaften zur Verwendung in und auf Lebensmitteln (idF v. 16.12.2008).
- Verordnung (EG) Nr. 1924/ 2006 des europäischen Parlaments und des Rates über nährwert- und gesundheitsbezogene Angaben über Lebensmitteln (idF v. 20.12.2006).
- Verordnung über die Zulassung von Zusatzstoffen zu Lebensmitteln zu technologischen Zwecken (idF v. 30.09.2008).
- Wegner, K.: *Speiseeis*. 1. Aufl. Leipzig: Fachbuchverlag Leipzig, 1990.
- Williams, A. A.; Langron, S. P.: The Use of Free-Choice Profiling for the Evaluation of Commercial Ports. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 35 (1984), S. 558 – 568.
- Yilsay, T. Ö.; Yilmaz, L.; Bayizit, A. A.: The effect of using whey protein fat replacer on textural and sensory characteristics of low-fat vanilla ice cream. *European Food Research and Technology* 222 (2006), Nr. 1, S. 171 – 175.
- Ziegler, E.: *Die natürlichen und künstlichen Aromen*. 1. Aufl. Heidelberg: Hüthig, 1982.
- Zuckerartenverordnung (idF v. 23.10.2003).

8 Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Speiseeis als Drei-Phasen-System (Timm, 1985)_____	9
Abb. 2: Herstellung von Vanilleiscreme (Timm, 1985; Wegener, 1990)_____	14
Abb. 3: Übersicht über Süßungsmittel (Rosenplenter u. a., 2007)_____	19
Abb. 4: Strukturformel von Vanillin (Falbe u. a., 1992)_____	24
Abb. 5: Strukturformel von Ethylvanillin (Falbe u. a., 1992)_____	25
Abb. 6: Verwendeter Freezer_____	117
Abb. 7: Prüfprotokoll und Fragebogen der hedonischen Prüfung_____	118
Abb. 8: Prüfprotokoll der Rangordnungsprüfung_____	120
Abb. 9: Abhängigkeit des Aufschlags vom Saccharosegehalt_____	65
Abb. 10: Zusammenhang zwischen Süßungsmitteln und Beliebtheit_____	73
Abb. 11: Zusammenhang zwischen Extrakt * Künstliches Aroma und Beliebtheit_____	76
Abb. 12: Einfluss der Gesamt-Aromakonzentration auf die Beliebtheit_____	78
Abb. 13: Rangsummen der ersten Rangordnungsprüfung_____	80
Abb. 14: Rangsummen der zweiten Rangordnungsprüfung_____	81
Abb. 15: Unterschiede in der Süße_____	85
Abb. 16: Unterschiede im Vanillearoma_____	86
Abb. 17: Lage der Attribute nach Hauptkomponentenanalyse_____	88
Abb. 18: Lage der Proben nach Hauptkomponentenanalyse_____	89
Abb. 19: Verzehrsgewohnheiten von Speiseeis und Süßigkeiten_____	90
Abb. 20: Verzehrsgewohnheiten nach Geschlecht getrennt_____	91
Abb. 21: Verzehrsgewohnheiten nach Alter getrennt_____	91
Abb. 22: Eingesetztes Süßungsmittel in Kaffee oder Tee_____	92
Abb. 23: Bewertung abhängig von den Verzehrsgewohnheiten von Speiseeis_____	93
Abb. 24: Punkte für Gesamteindruck, abhängig von der Getränkesüßung_____	96

9 Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Süßstoffe für Speiseeis (Verordnung über die Zulassung von Zusatzstoffen zu Lebensmitteln zu technologischen Zwecken, idF v. 30.9.2008; Rosenplenter u. a., 2007)	22
Tab. 2: Zusammensetzung der Zutaten	40
Tab. 3: Grundrezeptur für Eiscreme	41
Tab. 4: Variablen der Hauptversuche	43
Tab. 5: Versuchsplan von ECHIP	121
Tab. 6: Vanilleeiscreme mit Neohesperidin	45
Tab. 7: Aufteilung der Hauptversuche für die hedonischen Prüfungen	47
Tab. 8: Bedeutung der Skalenpunkte	48
Tab. 9: Erste Rangordnungsprüfung	49
Tab. 10: Zweite Rangordnungsprüfung	50
Tab. 11: Kritische Werte des Friedman-Tests (DIN 10963, 1997)	56
Tab. 12: Hedonische Prüfung des ersten Vorversuchs	58
Tab. 13: Zweite Grundrezeptur	60
Tab. 14: Hedonische Prüfung aller Vorversuche	62
Tab. 15: Rezepturunterschiede der Hauptversuche	122
Tab. 16: Berechneter Aufschlag	123
Tab. 17: Varianzanalysen zum Faktor Aufschlag	64
Tab. 18: Gruppierung der Proben nach Aufschlag	124
Tab. 19: Abhängigkeit des Aufschlags vom Süßungsmittel	125
Tab. 20: Abhängigkeit des Aufschlags von der Zugabe des natürlichen Aromas	66
Tab. 21: Zusammensetzung der Vanilleeiscreme	126
Tab. 22: Varianzanalysen zur Zusammensetzung pro 100 ml	67
Tab. 23: Einfluss von Saccharosegehalt und Aufschlag auf die Zusammensetzung	67
Tab. 24: Abhängigkeit der Zusammensetzung vom Saccharoseanteil	68
Tab. 25: Abhängigkeit der Zusammensetzung vom Aufschlag	127
Tab. 26: Häufigste Kommentare der Verbraucherbefragung	128
Tab. 27: Ergebnisse der hedonischen Prüfungen	129
Tab. 28: Varianzanalysen zur hedonischen Prüfung	70
Tab. 29: Gruppeneinteilung der Proben nach der hedonischen Prüfung	130
Tab. 30: Varianzanalysen zur hedonischen Prüfung mit einzelnen Variablen	71
Tab. 31: Einfluss des Saccharosegehaltes auf die Beliebtheit	72
Tab. 32: Einfluss des Aspartamgehaltes auf die Beliebtheit	72

Tab. 33: Gruppeneinteilung nach Saccharose * Aspartam	131
Tab. 34: Einfluss des natürlichen Vanillearomas auf die Beliebtheit	74
Tab. 35: Einfluss der Aromen auf Gesamteindruck und Geschmack	74
Tab. 36: Gruppeneinteilung nach Extrakt * Natürlichem Aroma	75
Tab. 37: Gruppeneinteilung nach Natürliches Aroma * Künstliches Aroma	77
Tab. 38: Gruppeneinteilung nach Extrakt * Natürliches Aroma * Künstliches Aroma	131
Tab. 39: Gruppeneinteilung nach Aufschlag	132
Tab. 40: F'-Werte der ersten Rangordnungsprüfung	80
Tab. 41: Gruppeneinteilung der ersten Rangordnungsprüfung nach Vanillearoma	81
Tab. 42: F'-Werte der zweiten Rangordnungsprüfung	82
Tab. 43: Gruppeneinteilung der Eiscremes der zweiten Rangordnungsprüfung	82
Tab. 44: Proben für Profilprüfung	83
Tab. 45: Attribute für Profilprüfung	133
Tab. 46: Einzelergebnisse der Profilprüfung	134
Tab. 47: Einfluss der Prüfpersonen auf die Bewertung der Proben	92
Tab. 48: Hedonische Prüfung nach Süßung von Getränken	94
Tab. 49: Varianzanalysen abhängig von der Getränkesüßung	95

10 Formelverzeichnis

Formel 1: Berechnung der Dichte (Timm, 1985).....	46
Formel 2: Berechnung des Aufschlags (Timm, 1985).....	46
Formel 3: Berechnung der Zusammensetzung der Eiscreme.....	53
Formel 4: Nährstoff oder Brennwert pro 100 ml.....	53
Formel 5: Varianz (Monka u. a., 2005).....	53
Formel 6: F-Wert für ANOVA (Monka u. a., 2005).....	54
Formel 7: D_{α}^{II} für Tukey-Test (Storm, 1995).....	54
Formel 8: Mittelwert (Monka u. a., 2005).....	54
Formel 9: Standardabweichung (Monka u. a., 2005).....	55
Formel 10: Friedman-Wert F (DIN 10963, 1997).....	55
Formel 11: Korrekturfaktor E (DIN 10963, 1997).....	55
Formel 12: Korrigierter F'-Wert (DIN 10963, 1997).....	55
Formel 13: Paarweiser Vergleich der Proben (DIN 10963, 1997).....	56

11 Anhang

Abb. 6: Verwendeter Freezer



Abb. 7: Prüfprotokoll und Fragebogen der hedonischen Prüfung

Verbraucherbefragung zu Vanilleeiscreme

Name:

Datum:

Bitte verkosten Sie die vorgelegten Proben und geben Sie mit 1 bis 5 Punkten an, wie Ihnen das Produkt gefällt.

1: Missfällt sehr bis 5: Gefällt sehr

Vielen Dank für Ihre Mithilfe.

Probe 870

Gesamteindruck:

1	2	3	4	5
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Missfällt sehr	Missfällt	Weder missfällt, noch gefällt	Gefällt	Gefällt sehr

Geschmack:

1	2	3	4	5
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Aussehen:

1	2	3	4	5
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Kommentare oder Begründungen: _____

Probe 286

Gesamteindruck:

1	2	3	4	5
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Geschmack:

1	2	3	4	5
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Aussehen:

1	2	3	4	5
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Kommentare oder Begründungen: _____

Probe 513

Gesamteindruck:

1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>
--------------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------------

Geschmack:

1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>
--------------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------------

Aussehen:

1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>
--------------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------------

Kommentare oder Begründungen:

Wie oft essen Sie in etwa Eis?

<input type="checkbox"/> Weniger als einmal im Monat	<input type="checkbox"/> Ein- bis dreimal im Monat	<input type="checkbox"/> Einmal die Woche	<input type="checkbox"/> Mehrmals die Woche
--	--	---	---

Wie oft essen Sie andere Süßigkeiten?

<input type="checkbox"/> Weniger als einmal im Monat	<input type="checkbox"/> Ein- bis dreimal im Monat	<input type="checkbox"/> Einmal die Woche	<input type="checkbox"/> Mehrmals die Woche
--	--	---	---

Trinken Sie Ihren Kaffee oder Tee gesüßt?

<input type="checkbox"/> Ungesüßt	<input type="checkbox"/> Gesüßt mit Zucker	<input type="checkbox"/> Gesüßt mit Süßstoff	<input type="checkbox"/> Ich trinke weder Tee noch Kaffee
--------------------------------------	---	--	---

Geschlecht:

<input type="checkbox"/> Männlich	<input type="checkbox"/> Weiblich
--------------------------------------	--------------------------------------

Alter:

<input type="checkbox"/> Unter 26	<input type="checkbox"/> 26 – 39	<input type="checkbox"/> 40 – 59	<input type="checkbox"/> 60 und älter
--------------------------------------	-------------------------------------	-------------------------------------	--

Abb. 8: Prüfprotokoll der Rangordnungsprüfung

Rangordnungsprüfung

Name:

Datum:

Prüfgut: Vanilleeiscreme

Die Proben werden verkostet und in eine Rangfolge gebracht.

Kann kein Unterschied festgestellt werden, wird der gleiche Rangplatz mehrfach vergeben, indem der Mittelwert der betreffenden Rangplätze ermittelt und eingetragen wird.

Z. B.: $2 + 3 = 5 : 2 = 2,5$

$1 + 2 + 3 = 6 : 3 = 2$

Vielen Dank für Ihre Mithilfe.

Kriterien	Proben			
	853	597	812	694
<u>Vanillearoma</u> Rang 1: Am schwächsten Rang 4: Am stärksten				
<u>Süße</u> Rang 1: Am schwächsten Rang 4: Am stärksten				
<u>Geschmack</u> Rang 1: Am unbeliebtesten Rang 4: Am beliebtesten				
<u>Mundgefühl</u> Rang 1: Am unbeliebtesten Rang 4: Am beliebtesten				

Tab. 5: Versuchsplan von ECHIP

Versuch	Extrakt [%]	Natürlich [%]	Künstlich	Saccharose [%]	Aspartam [%]
16	0,10	0,15	Nein	12,00	0,05
14	0,00	0,05	Ja	0,00	0,05
3	0,10	0,00	Ja	12,00	0,00
4	0,10	0,00	Nein	12,00	0,00
5	0,00	0,15	Ja	12,00	0,00
6	0,00	0,15	Nein	12,00	0,00
21	0,00	0,00	Ja	12,00	0,00
1	0,00	0,00	Ja	0,00	0,00
7	0,00	0,00	Ja	0,00	0,10
15	0,00	0,00	Ja	6,00	0,05
11	0,00	0,15	Nein	12,00	0,10
8	0,10	0,00	Ja	12,00	0,10
2	0,10	0,15	Nein	0,00	0,00
9	0,10	0,00	Nein	12,00	0,10
24	0,10	0,15	Nein	0,00	0,10
19	0,00	0,15	Ja	0,00	0,05
25	0,00	0,05	Nein	0,00	0,05
23	0,05	0,15	Nein	0,00	0,10
17	0,10	0,00	Ja	0,00	0,05
22	0,05	0,05	Nein	6,00	0,00
12	0,05	0,00	Ja	0,00	0,05
18	0,10	0,00	Nein	0,00	0,05
20	0,00	0,15	Nein	0,00	0,05
13	0,05	0,00	Nein	0,00	0,05
10	0,00	0,15	Ja	12,00	0,10

Tab. 15: Rezepturunterschiede der Hauptversuche

Trial	MMP [%]	Glucosesi- rup [%]	Saccharo- se [%]	Süßstoff [%]	Extrakt [%]	Natürlich [%]	Künstlich [%]
1	11,75	8,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10
2	11,70	8,50	0,00	0,00	0,10	0,15	0,00
3	5,75	2,50	12,00	0,00	0,10	0,00	0,10
4	5,80	2,55	12,00	0,00	0,10	0,00	0,00
5	5,70	2,50	12,00	0,00	0,00	0,15	0,10
6	5,75	2,55	12,00	0,00	0,00	0,15	0,00
7	11,75	8,50	0,00	0,10	0,00	0,00	0,10
8	5,70	2,45	12,00	0,10	0,10	0,00	0,10
9	5,75	2,50	12,00	0,10	0,10	0,00	0,00
10	5,65	2,45	12,00	0,10	0,00	0,15	0,10
11	5,70	2,50	12,00	0,10	0,00	0,15	0,00
12	11,75	8,50	0,00	0,05	0,05	0,00	0,10
13	11,80	8,55	0,00	0,05	0,05	0,00	0,00
14	11,75	8,50	0,00	0,05	0,00	0,05	0,10
15	8,75	5,55	6,00	0,05	0,00	0,00	0,10
16	5,70	2,45	12,00	0,05	0,10	0,15	0,00
17	11,70	8,50	0,00	0,05	0,10	0,00	0,10
18	11,75	8,55	0,00	0,05	0,10	0,00	0,00
19	11,70	8,45	0,00	0,05	0,00	0,15	0,10
20	11,75	8,50	0,00	0,05	0,00	0,15	0,00
21	5,75	2,60	12,00	0,00	0,00	0,00	0,10
22	8,80	5,55	6,00	0,00	0,05	0,05	0,00
23	11,70	8,45	0,00	0,10	0,05	0,15	0,00
24	11,65	8,45	0,00	0,10	0,10	0,15	0,00
25	11,80	8,55	0,00	0,05	0,00	0,05	0,00
N	874	555	6,00	0,01	0,05	0,00	0,10

Tab. 16: Berechneter Aufschlag

Ver- such	Volu- men [ml]	Masse Mix [g]	Masse Eiscreme [g]			Aufschlag [%]			\bar{x} Auf- schlag [%]	s
			1	2	3	1	2	3		
1	125	156,95	74,40	75,75	76,70	111,69	107,92	105,35	108,32	3,19
2	125	154,85	66,25	70,55	70,20	133,96	119,70	120,80	124,82	7,94
3	125	157,40	71,00	71,85	71,10	121,83	119,21	121,52	120,85	1,43
4	125	146,60	63,20	66,10	67,40	131,41	121,26	116,99	123,22	7,41
5	125	156,90	64,90	66,60	63,60	142,68	136,49	147,64	142,27	5,59
6	125	152,80	71,35	65,40	72,60	113,74	133,18	110,06	118,99	12,43
7	125	149,90	74,25	68,00	73,15	102,02	120,59	105,06	109,22	9,96
8	125	155,05	64,30	71,55	70,90	141,06	116,63	118,62	125,44	13,57
9	125	147,35	66,25	64,20	64,60	122,64	129,75	128,33	126,91	3,76
10	150	188,25	89,50	87,15	87,15	111,17	116,87	116,87	114,97	3,29
11	125	154,35	70,70	66,25	67,25	117,47	132,08	128,62	126,06	7,63
12	150	186,75	89,70	91,20	87,85	109,03	105,59	113,43	109,35	3,93
13	150	180,20	80,45	84,50	83,90	123,74	113,02	114,54	117,10	5,80
14	125	151,00	67,85	69,95	73,15	122,92	116,23	106,77	115,30	8,12
15	125	149,45	67,55	68,10	69,05	122,06	120,26	117,23	119,85	2,44
16	125	165,40	73,05	73,30	73,45	125,87	125,10	124,64	125,21	0,62
17	150	181,60	89,10	87,90	90,65	103,70	106,48	100,22	103,47	3,14
18	150	186,50	88,80	87,65	91,15	109,46	112,21	104,06	108,58	4,15
19	150	186,65	84,75	84,85	83,30	119,47	119,21	123,29	120,66	2,28
20	150	183,90	84,85	85,95	83,55	117,44	114,66	120,83	117,64	3,09
21	125	162,90	74,15	76,85	73,90	119,15	111,45	119,89	116,83	4,67
22	150	184,10	86,65	80,75	85,20	112,93	128,48	116,55	119,32	8,14
23	150	182,70	84,95	88,20	84,55	115,42	107,48	116,44	113,11	4,90
24	125	152,45	67,10	72,20	69,45	127,27	111,22	119,58	119,36	8,03
25	150	179,95	86,65	84,55	83,50	107,73	112,89	115,57	112,06	3,98
N	150	185,80	83,95	85,40	85,70	121,56	117,80	117,04	118,80	2,42

Tab. 18: Gruppierung der Proben nach Aufschlag

Versuch	\bar{x} Aufschlag [%]	Gruppe	Saccharose [%]	Aspartam [%]
5	142,27	A	12,00	0,00
9	126,91	AB	12,00	0,10
11	126,06	AB	12,00	0,10
8	125,44	AB	12,00	0,10
16	125,21	AB	12,00	0,05
2	124,82	AB	0,00	0,00
4	123,22	AB	12,00	0,00
3	120,85	BC	12,00	0,00
19	120,66	BC	0,00	0,05
15	119,85	BC	6,00	0,05
24	119,36	BC	0,00	0,10
22	119,32	BC	6,00	0,00
6	118,99	BC	12,00	0,00
N	118,80	BC	6,00	-
20	117,64	BC	0,00	0,05
13	117,10	BC	0,00	0,05
21	116,83	BC	12,00	0,00
14	115,30	BC	0,00	0,05
10	114,97	BC	12,00	0,10
23	113,11	BC	0,00	0,10
25	112,06	BC	0,00	0,05
12	109,35	BC	0,00	0,05
7	109,22	BC	0,00	0,10
18	108,58	BC	0,00	0,05
1	108,32	BC	0,00	0,00
17	103,47	C	0,00	0,05

Tab. 19: Abhängigkeit des Aufschlags vom Süßungsmittel

Aspartam- gehalt [%]	\bar{x}	s	Gruppe	Saccharose * Aspartam [%]	\bar{x}	s	Gruppe
0,00	121,83	10,96	A	0 * 0,00	116,57	10,53	AB
0,05	114,92	7,23	B	0 * 0,05	113,02	6,68	B
0,10	119,29	9,51	AB	0 * 0,10	113,90	8,16	AB
				6 * 0,00	119,32	8,14	AB
				6 * 0,05	119,85	2,44	AB
				12 * 0,00	124,43	11,30	A
				12 * 0,05	125,21	0,62	A
				12 * 0,10	123,34	8,62	A

Tab. 21: Zusammensetzung der Vanilleeiscreme

	Energiegehalt [kcal/ 100 ml]	Kohlenhydrate [g/ 100 ml]	Proteine [g/ 100 ml]	Fett [g/ 100 ml]
1	122,24	9,69	3,96	7,46
2	111,56	8,80	3,61	6,81
3	120,49	11,53	2,53	7,00
4	110,76	10,64	2,33	6,44
5	109,92	10,49	2,30	6,39
6	117,93	11,29	2,48	6,85
7	116,12	9,16	3,82	7,09
8	116,47	11,11	2,49	6,77
9	109,87	10,51	2,36	6,38
10	123,89	11,78	2,64	7,20
11	115,07	10,98	2,46	6,68
12	120,71	9,53	3,94	7,37
13	111,75	8,86	3,66	6,82
14	113,72	8,97	3,71	6,94
15	112,82	9,88	3,03	6,72
16	120,20	10,16	3,43	7,22
17	120,20	9,49	3,92	7,34
18	120,16	9,52	3,93	7,34
19	113,63	8,92	3,70	6,93
20	114,27	9,01	3,73	6,97
21	126,66	12,15	2,66	7,36
22	115,99	10,18	3,09	6,91
23	115,79	9,10	3,80	7,06
24	112,54	8,84	3,68	6,87
25	114,40	9,06	3,75	6,98
N	117,10	10,27	3,11	6,97
\bar{x}	116,318	9,998	3,235	6,956
s	4,434	1,009	0,620	0,295

Tab. 25: Abhängigkeit der Zusammensetzung vom Aufschlag

Aufschlag [%]	Brennwert [kcal/ 100 ml]			Proteine [g/ 100 ml]			Fett [g/ 100 ml]		
	\bar{x}	s	Gruppe	\bar{x}	s	Gruppe	\bar{x}	s	Gruppe
103	120,20	1,86	A	3,92	0,06	A	7,34	0,11	A
108	122,24	1,87	A	3,96	0,06	A	7,46	0,11	A
109	119,00	3,84	A	3,90	0,12	A	7,26	0,23	A
112	114,40	2,16	A	3,75	0,07	A	6,98	0,13	ABC
113	115,79	2,70	A	3,80	0,09	A	7,06	0,16	ABC
115	118,80	6,32	A	3,18	0,60	AB	7,07	0,23	AB
117	119,21	8,56	A	3,16	0,55	AB	7,09	0,33	AB
118	114,27	1,62	A	3,73	0,05	A	6,97	0,10	ABC
119	115,49	4,99	A	3,08	0,53	AB	6,88	0,26	BCD
120	112,82	1,25	A	3,03	0,03	AB	6,72	0,07	BCD
121	117,06	3,86	A	3,11	0,64	AB	6,97	0,07	ABC
123	110,76	3,63	A	2,33	0,08	B	6,44	0,21	CD
125	116,08	5,41	A	3,18	0,53	AB	6,93	0,32	ABC
126	115,07	3,95	A	2,46	0,08	B	6,68	0,23	BCD
127	109,87	1,84	A	2,36	0,04	B	6,38	0,11	D
142	109,92	2,54	A	2,30	0,05	B	6,39	0,15	D

Tab. 26: Häufigste Kommentare der Verbraucherbefragung

Versuch	Häufigste Kommentare (Anzahl der Nennungen)		
1	Salzig (11)	Kein Geschmack (5)	Kein Vanillearoma (5)
2	Salzig (6)	Kaum Vanillearoma (4)	Keine Süße (3)
3	Sehr süß (3)	Sehr cremig (3)	
4	Zu wenig Vanillearoma (6)	Kristallig (3)	
5	Cremig (7)	Zu wenig Geschmack (6)	Nicht zu süß (5)
6	Zu wenig Geschmack (4)	Wenig vanillig (4)	Aroma fehlt (3)
7	Sehr süß (6)	Sehr fest (5)	Sehr gelb (3)
8	Sehr süß (8)	Viel Vanillearoma (5)	künstlich (4)
9	Sehr süß (9)	Zu hell (3)	Nicht zu süß (3)
10	Sehr/ zu süß (16)	Cremig (7)	Intensives Vanillearoma (4)
11	Sehr süß (9)		
12	Starkes Vanillearoma (3)	Farbe zu gelb/ künstlich (3)	
13	Wenig Vanillearoma (9)	Fest (3)	
14	Leicht fade (6)	Kristallig (4)	
15	Wenig Vanillearoma (5)		
16	Sehr süß (9)	Nachgeschmack (4)	
17	Süß (3)		
18	Leicht alt (4)	Nachgeschmack (4)	
19	Sehr/ zu süß (4)	Wenig Vanillearoma (4)	
20	Wenig Vanillearoma (6)	Ranziger Geschmack (3)	
21	Sehr süß (4)	Intensives Vanillearoma (3)	
22	Kein Geschmack (7)	Wenig Vanillearoma (6)	Milchig (3)
23	Sehr süß (10)	Starkes Vanillearoma (4)	
24	Schmeckt nach nichts (3)		
25	Kaum Vanillearoma (7)	Süß (3)	
N	Sehr/ zu süß (8)	Gutes Vanillearoma (3)	Nachgeschmack (3)

Tab. 27: Ergebnisse der hedonischen Prüfungen

Versuch	Gesamteindruck		Geschmack		Aussehen	
	\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s
1	1,63	0,90	1,29	0,78	2,57	1,15
2	1,52	0,71	1,21	0,71	2,36	1,17
3	3,74	0,81	3,71	0,85	3,74	0,91
4	3,54	0,84	3,60	0,83	3,74	0,91
5	3,77	1,02	3,66	1,07	4,00	0,76
6	3,43	1,08	2,94	1,04	3,86	0,87
7	2,97	0,98	2,82	1,01	3,06	1,03
8	3,45	1,12	3,39	1,03	3,79	0,96
9	3,79	0,96	3,67	0,99	3,94	1,00
10	3,72	1,06	3,67	1,15	3,97	1,06
11	3,09	1,04	2,79	1,29	3,55	1,00
12	3,33	0,86	3,31	0,95	3,58	0,97
13	3,11	0,95	2,89	1,01	3,44	0,84
14	3,26	1,00	3,03	1,08	3,34	1,17
15	3,24	0,97	3,06	1,12	3,24	0,83
16	3,23	1,02	2,94	1,09	3,54	1,05
17	3,26	0,96	3,16	1,16	3,31	1,20
18	3,28	0,91	2,86	0,99	3,67	0,76
19	3,39	1,02	3,29	1,16	3,66	0,94
20	2,72	0,81	2,14	0,76	3,67	0,63
21	3,86	0,93	3,71	1,00	4,03	1,00
22	2,68	0,70	2,26	0,86	3,41	1,13
23	3,65	0,98	3,52	1,12	3,91	1,06
24	2,76	0,94	2,30	1,02	3,15	1,03
25	2,97	0,87	2,61	0,99	3,44	0,98
N	3,39	1,15	3,19	1,26	3,86	0,80

Tab. 29: Gruppeneinteilung der Proben nach der hedonischen Prüfung

Gesamteindruck		Geschmack		Aussehen	
Versuch	Gruppe	Versuch	Gruppe	Versuch	Gruppe
21	A	21	A	21	A
9	AB	3	A	5	A
5	AB	10	AB	10	AB
3	AB	9	ABC	9	AB
10	AB	5	ABC	23	ABC
23	AB	4	ABC	N	ABC
4	ABC	23	ABCD	6	ABC
8	ABCD	8	ABCD	8	ABC
6	ABCD	12	ABCD	4	ABC
N	ABCD	19	ABCD	3	ABC
19	ABCD	N	ABCD	20	ABC
12	ABCD	17	ABCDE	18	ABC
18	ABCD	15	ABCDEF	19	ABC
17	ABCD	14	ABCDEF	12	ABC
14	ABCD	6	ABCDEFG	11	ABC
15	ABCD	16	ABCDEFG	16	ABC
16	ABCD	13	ABCDEFG	13	ABC
13	ABCD	18	ABCDEFG	25	ABC
11	ABCD	7	BCDEFG	22	ABCD
7	BCD	11	CDEFG	14	ABCD
25	BCD	25	DEFG	17	ABCD
24	CD	24	EFG	15	ABCD
20	D	22	FG	24	BCDE
22	D	20	GH	7	CDE
1	E	1	HI	1	DE
2	E	2	I	2	E

Tab. 33: Gruppeneinteilung nach Saccharose * Aspartam

Saccharose * Aspartam [%]	Gesamteindruck			Geschmack			Aussehen		
	\bar{x}	s	Gruppe	\bar{x}	s	Gruppe	\bar{x}	s	Gruppe
0*0,00	1,57	0,82	C	1,25	0,66	D	2,47	1,17	D
6*0,00	2,68	0,70	B	2,26	0,86	C	3,41	1,13	BC
0*0,05	3,16	0,94	B	2,90	1,07	B	3,52	0,95	BC
12*0,00	3,67	0,96	A	3,53	1,01	A	3,87	0,90	A
6*0,05	3,24	0,97	AB	3,06	1,12	AB	3,24	0,83	C
0*0,10	3,11	1,03	B	2,87	1,15	BC	3,37	1,10	C
12*0,05	3,23	1,03	AB	2,94	1,11	AB	3,54	1,07	ABC
12*0,10	3,52	1,07	A	3,39	1,17	A	3,81	1,01	AB

Tab. 38: Gruppeneinteilung nach Extrakt * Natürliches Aroma * Künstliches Aroma

Extrakt * Natür- lich * Künstlich [%]	Gesamteindruck			Geschmack			Aussehen		
	\bar{x}	s	Gruppe	\bar{x}	s	Gruppe	\bar{x}	s	Gruppe
0,00*0,00*0,10	2,92	1,25	BC	2,71	1,33	BC	3,23	1,14	BC
0,00*0,05*0,00	2,97	0,87	ABC	2,61	0,99	BCD	3,44	0,98	ABC
0,00*0,05*0,10	3,26	1,01	AB	3,03	1,10	ABC	3,34	1,19	ABC
0,00*0,15*0,00	3,08	1,02	AB	2,62	1,10	BCD	3,69	0,85	A
0,00*0,15*0,10	3,64	1,04	A	3,55	1,13	A	3,88	0,93	A
0,05*0,00*0,00	3,11	0,95	AB	2,89	1,01	ABC	3,44	0,84	ABC
0,05*0,00*0,10	3,33	0,86	AB	3,31	0,95	AB	3,58	0,97	ABC
0,05*0,05*0,00	2,68	0,70	BC	2,26	0,86	CD	3,41	1,13	ABC
0,05*0,15*0,00	3,65	0,98	A	3,52	1,12	A	3,91	1,06	A
0,10*0,00*0,00	3,53	0,92	A	3,37	1,01	A	3,78	0,89	A
0,10*0,00*0,10	3,49	0,98	A	3,43	1,03	A	3,62	1,04	AB
0,10*0,15*0,00	2,51	1,15	C	2,17	1,16	D	3,03	1,19	C

Tab. 39: Gruppeneinteilung nach Aufschlag

Aufschlag [%]	Gesamteindruck			Geschmack			Aussehen		
	\bar{x}	s	Gruppe	\bar{x}	s	Gruppe	\bar{x}	s	Gruppe
103	3,26	0,96	AB	3,16	1,16	ABC	3,31	1,20	ABC
108	1,63	0,91	C	1,29	0,79	E	2,57	1,17	C
109	3,20	0,92	AB	3,00	1,00	ABC	3,45	0,95	AB
112	2,97	0,87	AB	2,61	0,99	BCD	3,44	0,98	AB
113	3,65	0,98	A	3,52	1,12	A	3,91	1,06	AB
115	3,49	1,05	A	3,35	1,16	AB	3,66	1,16	AB
117	3,48	1,01	A	3,30	1,09	AB	3,73	0,97	AB
118	2,72	0,81	B	2,14	0,76	DE	3,67	0,63	AB
119	2,97	0,98	AB	2,52	1,02	CD	3,48	1,05	AB
120	3,24	0,97	AB	3,06	1,12	ABC	3,24	0,83	ABC
121	3,58	0,93	A	3,52	1,03	A	3,70	0,92	AB
123	3,54	0,85	A	3,60	0,85	A	3,74	0,92	AB
125	2,74	1,29	B	2,52	1,31	CD	3,24	1,23	BC
126	3,09	1,04	AB	2,79	1,29	ABCD	3,55	1,00	AB
127	3,79	0,96	A	3,67	0,99	A	3,94	1,00	AB
142	3,77	1,03	A	3,66	1,09	A	4,00	0,77	A

Tab. 45: Attribute für Profilprüfung

Attribute	Beschreibung	Ankerpunkt für 100 %
Aussehen		
hell – dunkel	Farbnuancen von gelb	gekochtes Eigelb
matt – glänzend	Glanz auf der Schnittfläche	geschmolzene Eiscreme
rau – glatt	bezogen auf die Schnittfläche	Glasscheibe
porig – gleichmäßig	Menge und Größe der Luftlöcher	Papier
Geschmack		
süß	allgemein süßer Geschmack	-
zuckersüß	durch Zucker	reine Saccharose
süßstoffsüß	durch Süßstoff	reines Aspartam
Bourbon-Vanille	enthält auch holzige und rauchige Noten	eingesetztes Vanilleextrakt
künstliches Aroma	künstliches Aroma mit Vanillegeschmack	eingesetztes künstliches Aroma
frische Vollmilch	Geschmack von frischer Vollmilch	frische Vollmilch
H-Milch	Kochgeschmack in stark erhitzter Milch	H-Milch
Butter	fettiger Geschmack von Butter	Butter
bitter	bitterer Geschmack	Koffeinlösung
metallisch	metallischer Geschmack	Eisenpräparate
Mundgefühl		
cremig	cremiges Mundgefühl	Softeis
luftig	schaumiges Gefühl durch Lufteinschlag	Eischnee
schmelzend	im Mund, langsam bis schnell	Wassereis
wässrig – fettig	Mundgefühl durch Wassergehalt im Eis	Butter
knirscht	durch Eiskristalle, kurze Wahrnehmung	Crushed Ice
sandig	durch Lactosekristalle	-
Nachgeschmack/ Nachgefühl		
süß	allgemein süßer Geschmack	-
süßstoffsüß	durch Süßstoff	reines Aspartam
Bourbon-Vanille	enthält auch holzige und rauchige Noten	eingesetztes Vanilleextrakt
künstliches Aroma	künstliches Aroma mit Vanillegeschmack	eingesetztes künstliches Aroma
Butter	fettiger Geschmack von Butter	Butter
bitter	bitterer Geschmack	Koffeinlösung
metallisch	metallischer Geschmack	Eisenpräparate

säuerlich	säuerlicher Geschmack in Milch	Vollmilch
Lakritz	lakritzartiger Geschmack	Lakritzschnecken
kühl	anhaltend kühlendes Mundgefühl	Wassereis
pelzig	Anhaltend pelziges Gefühl auf der Zunge	H-Milch
kratzend	Anhaltend kratzendes Gefühl im Hals	Zitronensaft

Tab. 46: Einzelergebnisse der Profilprüfung

Attribut	Versuch 4	Versuch 12	Versuch 21	Versuch N	Versuch 6	
	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	
hell – dunkel A	40	35	10	30	20	25
matt – glänzend A	0	0	0	0	0	0
rau – glatt A	10	70	20	60	50	40
porig – gleichmäßig A	60	10	60	80	60	50
süß GS	25	40	45	100	60	55
zuckersüß GS	50	60	60	0	30	30
süßstoffsüß GS	0	0	0	100	30	25
Bourbon-Vanille GS	60	0	0	0	30	25
künstliches Aroma GS	0	70	50	40	20	20
frische Vollmilch GS	60	50	40	0	20	20
H-Milch GS	0	0	0	50	30	30
Butter GS	0	10	25	0	10	10
bitter GS	0	0	0	10	0	0
metallisch GS	0	0	0	5	5	5
cremig MG	40	50	70	60	70	80
luftig MG	80	25	70	40	70	70
schmelzend MG	90	30	50	60	50	50
wässrig – fettig MG	10	50	25	10	25	25
knirscht MG	20	0	0	0	0	0
sandig	0	0	0	0	0	0
süß NG	20	30	20	60	20	20
süßstoffsüß NG	0	5	0	40	0	0
Bourbon-Vanille NG	5	0	0	0	5	0

künstliches Aroma NG	0	5	5	0	0	5
Butter NG	0	10	0	0	0	0
bitter NG	0	0	0	5	0	0
metallisch NG	5	5	0	20	0	0
säuerlich NG	0	0	0	0	0	0
Lakritz NG	0	0	0	20	0	0
kühl NG	0	0	0	5	0	0
pelzig NG	0	10	0	0	0	0
kratzend NG	0	0	0	0	0	0

Erklärung über die selbstständige Anfertigung der Arbeit

Hiermit versichere ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig angefertigt habe und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe.

Ort, Datum

Unterschrift