



universität
wien

MASTERARBEIT

Titel der Masterarbeit

Vergleich der Bewertung von Süße, Bitterkeit und
Adstringenz in Grün- und Schwarztee mit Zucker
und/oder Stevia anhand von QDA, TI und TDS

verfasst von

Darja Schulz, Bakk.rer.nat

angestrebter akademischer Grad

Master of Science (MSc)

Wien, 2015

Studienkennzahl lt. Studienblatt:

A 066 838

Studienrichtung lt. Studienblatt:

Masterstudium Ernährungswissenschaften

Betreut von:

Ao. Univ.-Prof. Dr. Dorota Majchrzak

INHALTSVERZEICHNIS

Abbildungsverzeichnis.....	III
Tabellenverzeichnis.....	VI
Abkürzungsverzeichnis.....	VII
1 Einleitung und Fragestellung.....	1
2 Literaturübersicht.....	3
2.1 <i>Stevia rebaudiana</i> Bertoni	3
2.1.1 Inhaltsstoffe von <i>S. rebaudiana</i>	5
2.1.2 Rebiana (Rebaudiosid A)	9
2.1.2.1 Chemische Eigenschaften und Metabolismus.....	9
2.1.2.2 Sensorische Eigenschaften von Rebiana.....	11
2.2 Grüner und schwarzer Tee	14
2.2.1 Unterschiede in der Herstellung	15
2.2.2 Chemische Zusammensetzung.....	15
2.2.3 Sensorische Eigenschaften	16
2.3 Wechselwirkungen	17
2.3.1 Modulation von Geschmackswahrnehmungen	18
2.3.1.1 Wechselwirkungen in homogen binären Mischungen.....	19
2.3.1.2 Wechselwirkungen in heterogen binären Mischungen.....	22
2.3.1.3 Wechselwirkungen komplexer Mischungen.....	23
2.3.2 Interaktionen zwischen verschiedenen Sinnesmodalitäten	23
2.4 Sensorische Analysemethoden.....	25
2.4.1 Statische Methode: Quantitative Deskriptive Analyse (QDA).....	25
2.4.2 Dynamische Methoden	27
2.4.2.1 Time Intensity Analysis (TI).....	27
2.4.2.2 Temporal Dominance of Sensations (TDS).....	28
3 Material und Methoden.....	31
3.1 Materialien.....	31
3.1.1 Grüner und schwarzer Tee mit Würfelzucker und Stevia-Tabs	31
3.1.2 Aufbereitung der Proben.....	32
3.1.3 Zusammenstellung des deskriptiven Panels	33
3.2 Methoden	34
3.2.1 Quantitative Deskriptive Analyse	34

3.2.1.1 Erstellen einer Attributenliste.....	34
3.2.1.2 Quantitative Bewertung der Attribute.....	36
3.2.1.3 Auswertung.....	38
3.2.2 Time Intensity Analyse	38
3.2.2.1 Schulung der Prüfpersonen.....	38
3.2.2.2 Durchführung der TI-Analyse.....	39
3.2.2.3 Auswertung.....	41
3.2.3 Temporal Dominance of Sensations	41
3.2.3.1 Durchführung der TDS-Analyse.....	41
3.2.3.2 Auswertung.....	43
4 Ergebnisse	45
4.1 Quantitative Deskriptive Analyse	45
4.1.1 Statistische Auswertung der Teeproben	45
4.1.2 Produktprofil für Grüntee	46
4.1.3 Produktprofil für Schwarztee	51
4.2 Zeit-Intensitätstest.....	57
4.2.1 Statistische Auswertung der Teeproben	57
4.2.2 TI-Kurven der Grünteeproben.....	58
4.2.3 TI-Kurven der Schwarzteeproben.....	62
4.3 Temporal Dominance of Sensations	66
4.3.1 Statistische Auswertung der Teeproben	66
4.3.2 TDS-Kurven der Grünteeproben	67
4.3.3 TDS-Kurven der Schwarzteeproben	72
4.4 Statistischer Vergleich der Methoden QDA, TI und TDS	76
5 Diskussion.....	77
6 Schlussbetrachtung	90
7 Zusammenfassung	94
8 Summary	96
9 Literaturverzeichnis.....	98
10 Anhang	108
11 Curriculum Vitae	111

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Stevia rebaudiana Bertoni [LEMUS-MONDACA et al., 2012].....	3
Abbildung 2: Struktur der wichtigsten Glykoside von Stevia rebaudiana. Glc = Glucose, Xyl = Xylose, Rha = Rhamnose; [mod. nach GEUNS, 2003].....	9
Abbildung 3: Die wichtigsten Reaktionswege des Rebaudiosid A-Abbaus unter hydrolytischen Bedingungen (pH 2-8); [mod. nach PRAKASH und DUBOIS, 2007]	10
Abbildung 4: Metabolismus von Rebaudiosid A im menschlichen Körper; GIT = Gastrointestinaltrakt; [mod. nach WHEELER et al., 2008].....	11
Abbildung 5: Sensorisches Profil von Rebiana bei 112 (blau), 236 (rot) und 529 (gelb) mg/L in Wasser. Der gleiche Buchstabe innerhalb eines Attributs bedeutet einen nicht signifikanten Unterschied. NG = Nachgeschmack [mod. nach YOUNG und WILKENS, 2007a]	12
Abbildung 6: TI-Kurven für wässrige Lösungen von Rebiana (529 mg/L), Aspartam (531 mg/L) und Zucker (80 mg/L) bei Zimmertemperatur [mod. nach YOUNG und WILKENS, 2007b]	13
Abbildung 7: TI-Kurven von 10 % Saccharose und 0,06 % Rebaudiosid A in Wasser [RECH, 2012]	14
Abbildung 8: Herstellungsübersicht für grünen und schwarzen Tee [mod. nach ÖSTERREICHISCHES LEBENSMITTELBUCH, 2009]	15
Abbildung 9: Psychophysikalische Konzentrations-Intensitäts-Funktion für Geschmacks-komponenten; [mod. nach KEAST und BRESLIN, 2002].....	20
Abbildung 10: Mittlere Intensität der Süße (+ obere Konfidenzgrenze) von binären Mischungen der 14 Süßungsmittel mit Rebaudiosid A; die Linie in jeder Abbildung repräsentiert den erwarteten Wert bei einem additiven Verhalten – a) Mischungen mit 3 % Saccharoseäquivalenz (SA); b) Mischungen mit 5 % SA; c) Mischungen mit 7 % SA [mod. nach SCHIFFMAN et al., 1995].....	21
Abbildung 11: Übersicht über heterogen binäre Geschmacksinteraktionen [mod. nach KEAST und BRESLIN, 2002]	22
Abbildung 12: Beispiel eines Spider- Webs [mod. nach QIN et al., 2013]	26
Abbildung 13: Methodik bei der Berechnung von TDS-Kurven [mod. nach PINEAU et al., 2009]	29

Abbildung 14: Anzeige-Beispiel bei der Durchführung der QDA mit Hilfe von FIZZ, Version 2.47B	37
Abbildung 15: Anzeige-Beispiel bei der Durchführung des Zeit-Intensitäts-Tests mit Hilfe von FIZZ, Version 2.47B.....	40
Abbildung 16: Anzeige-Beispiel bei der Durchführung der TDS-Analyse mit Hilfe von FIZZ, Version 2.47B.....	42
Abbildung 17: Sensorisches Profil der vier Grünteeproben in Form eines Spider Webs; G=Geschmack, F=Flavour, M=Mundgefühl, NG=Nachgeschmack; *=signifikante Unterschiede (korrigiertes α -Niveau = 0,0001)	46
Abbildung 18: Geschmacksattribute der untersuchten Grünteeproben A-D; *=signifikante Unterschiede (korrigiertes α -Niveau = 0,0001).....	47
Abbildung 19: Flavourattribute der untersuchten Grünteeproben A-D; *=signifikante Unterschiede (korrigiertes α -Niveau = 0,0001)	48
Abbildung 20: Attribut des Mundgefühls der untersuchten Grünteeproben A-D.....	49
Abbildung 21: Attribute des Nachgeschmacks der untersuchten Grünteeproben A-D; *=signifikante Unterschiede (korrigiertes α -Niveau = 0,0001).....	50
Abbildung 22: Sensorisches Profil der vier Schwarzteeproben in Form eines Spider Webs; G=Geschmack, F=Flavour, M=Mundgefühl, NG=Nachgeschmack; *=signifikante Unterschiede (korrigiertes α -Niveau = 0,0001)	51
Abbildung 23: Geschmacksattribute der untersuchten Schwarzteeproben A-D; *=signifikant (korrigiertes α -Niveau = 0,0001)	52
Abbildung 24: Flavourattribute der untersuchten Schwarzteeproben A-D; *=signifikante Unterschiede (korrigiertes α -Niveau = 0,0001)	53
Abbildung 25: Attribut des Mundgefühls der untersuchten Schwarzteeproben A-D ...	54
Abbildung 26: Attribute des Nachgeschmacks der untersuchten Schwarzteeproben A-D; *=signifikante Unterschiede (korrigiertes α -Niveau = 0,0001).....	55
Abbildung 27: TI-Kurven (Mittelwerte von allen Panellisten und Wiederholungen) der Grünteeproben A, B, C und D für das Attribut natürliche Süße	58
Abbildung 28: TI-Kurven (Mittelwerte von allen Panellisten und Wiederholungen) der Grünteeproben A, B, C und D für das Attribut künstliche Süße	59

Abbildung 29: TI-Kurven (Mittelwerte von allen Panellisten und Wiederholungen) der Grünteeproben A, B, C und D für das Attribut Bitterkeit.....	60
Abbildung 30: TI-Kurven (Mittelwerte von allen Panellisten und Wiederholungen) der Grünteeproben A, B, C und D für das Attribut Adstringenz	61
Abbildung 31: TI-Kurven (Mittelwerte von allen Panellisten und Wiederholungen) der Schwarzteeproben A, B, C und D für das Attribut natürliche Süße	62
Abbildung 32: TI-Kurven (Mittelwerte von allen Panellisten und Wiederholungen) der Schwarzteeproben A, B, C und D für das Attribut künstliche Süße	63
Abbildung 33: TI-Kurven (Mittelwerte von allen Panellisten und Wiederholungen) der Schwarzteeproben A, B, C und D für das Attribut Bitterkeit	64
Abbildung 34: TI-Kurven (Mittelwerte von allen Panellisten und Wiederholungen) der Schwarzteeproben A, B, C und D für das Attribut Adstringenz	65
Abbildung 35: TDS-Kurven für die Attribute der Grünteeprobe A.....	68
Abbildung 36: TDS-Kurven für die Attribute der Grünteeprobe B	69
Abbildung 37: TDS-Kurven für die Attribute der Grünteeprobe C	70
Abbildung 38: TDS-Kurven für die Attribute der Grünteeprobe D.....	71
Abbildung 39: TDS-Kurven für die Attribute der Schwarzteeprobe A.....	72
Abbildung 40: TDS-Kurven für die Attribute der Schwarzteeprobe B.....	73
Abbildung 41: TDS-Kurven für die Attribute der Schwarzteeprobe C.....	74
Abbildung 42: TDS-Kurven für die Attribute der Schwarzteeprobe D	75

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1: Nährstoffzusammensetzung der getrockneten Blätter von <i>S. rebaudiana</i> (g/100g oder mg/100g); [mod. nach ABOU-ARAB et al., 2010; KAUSHIK et al., 2010; SAVITA et al., 2004; TADHANI und SUBHASH, 2006; WÖLWER-RIECK, 2012].....	5
Tabelle 2: Fettsäureprofil (g/100g) des Blattöls von <i>S. rebaudiana</i> ; Werte wurden bei 0 % Feuchtigkeit/100g bestimmt. [mod. nach KOROBKO et al., 2008; TADHANI und SUBHASH, 2006].....	Error! Bookmark not defined.
Tabelle 3: Verwendete Materialien und ihre Spezifikationen (Einkaufszeitraum: Mai bis September 2014)	31
Tabelle 4: Attributliste für eine Quantitative Deskriptive Analyse von Grün- und Schwarztee, ungesüßt bzw. mit Zucker und/oder Stevia-Tabs [CHATURVEDULA und PRAKASH, 2011; LEE und CHAMBERS, 2007; PRAKASH et al., 2008; SAß, 2010; SENANAYAKE, 2013].....	34
Tabelle 5: Eingesetzte Referenzproben bei der Schulung der Prüfpersonen für TI und TDS	39
Tabelle 6: Signifikante (*) Mittelwertunterschiede (I_{MAX}) zwischen den Attributen der Grün- und Schwarzteeproben; TI; Mann-Whitney-U-Test (korrigiertes α -Niveau = 0,003)	57
Tabelle 7: Signifikante (*) Mittelwertunterschiede (TDS-Score) zwischen den Attributen der Grün- und Schwarzteeproben; TDS; Mann-Whitney-U-Test (korrigiertes α -Niveau = 0,003)	66
Tabelle 8: Mittlere Intensitäten der Attribute (natürliche Süße, künstliche Süße, Bitterkeit, Adstringenz) für die Grün- und Schwarzteeproben A-D; ermittelt durch QDA, TI und TDS	76

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

ADI	Acceptable Daily Intake
AS	Aminosäuren
DR	Dominanzraten
EFSA	European Food and Safety Authority
FAO	Food and Agriculture Organization
I_{MAX}	Maximale Intensität
JAR	Just-About-Right
JECFA	Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives
MW	Mittelwert
Pkt.	Punkte
QDA	Quantitative Deskriptive Analyse
SA	Saccharoseäquivalenz
SCF	Scientific Committee for Food
SD	Standardabweichung
TDS	Temporal Dominance of Sensations
TI	Time Intensity Analyse
WHO	World Health Organization

1 Einleitung und Fragestellung

Menschliches Überleben hing lange Zeit davon ab energiedichte, nährstoffreiche Lebensmittel von toxischen auseinanderhalten zu können. Zur Unterscheidung von giftigen und lebensnotwendigen Nahrungsmitteln diente damals wie heute der Geschmackssinn. Lebensmittel, die aus energiereichen Kohlenhydraten bestehen, weisen zumeist einen süßen, giftige Stoffe hingegen einen bitteren Geschmack auf [REED et al., 2006]. Säuglinge haben eine angeborene Vorliebe für Süße und eine Abneigung gegenüber Bitterkeit [ROSENSTEIN und OSTER, 1988]. Diese Tendenzen können im Laufe des Lebens durch zahlreiche Faktoren, wie kulturelle und soziale Einflüsse, verändert werden und resultieren in individuell verschiedenen Präferenzen [KRONDL, 1990].

Trotzdem scheint die Süße in vielen Produkten zu einem positiven Geschmackseindruck beizutragen und dadurch die Kaufentscheidung zu beeinflussen. Viele beliebte Lebensmittel haben einen hohen Gehalt an eigenen oder bei der Verarbeitung hinzugefügten Zuckern [ALLEN et al., 2013]. Im österreichische Ernährungsbericht 2012 wurde festgestellt, dass der Verzehr von Lebensmittel mit zugesetztem Zucker zu hoch ist. Rund 20 % der Gesamtenergieaufnahme erfolgt durch Lebensmittel wie Backwaren und Süßigkeiten [ELMADFA et al., 2012]. Aktuelle Empfehlungen der World Health Organization (WHO) liegen jedoch bei einem maximalen Zuckeranteil von 10 %, beziehungsweise schlagen eine Reduzierung auf unter 5 %, der Gesamtenergiezufuhr pro Tag vor. Der wesentliche Grund für die Reduktion des Zuckerkonsums ist das häufigere Auftreten von Krankheitsbilder wie Adipositas, Zahnkaries, Diabetes mellitus, Herz-Kreislauf- und Krebserkrankungen [WHO, 2014a; WHO, 2014b].

Diese Sachlage führte in den letzten 20–30 Jahren zu Veränderungen in der Lebensmittelindustrie. Es werden vermehrt Zucker durch nicht-kalorische Süßungsmittel ersetzt, um die Energiezufuhr zu senken und den gewünschten Grad an Süße zu erhalten. Vor allem natürliche, hoch-intensive Süßstoffe aus Pflanzen wie *Stevia rebaudiana* Bertoni (handelsüblicher Name: Stevia) steigen in ihrer Beliebtheit [ALLEN et al., 2013; PAWAR et al., 2013].

Ziel ist es mit der Anwendung von Stevia vergleichbare sensorische Charakteristika der Produkte zu entwickeln wie mit Saccharose [MALIK et al., 2002]. Auf Grund der unerwünschten Flavournoten und des langanhaltendem Nachgeschmacks von Stevia werden Mischungen mit anderen Süßungsmitteln nicht-kalorischer oder kalorischer Natur bevorzugt, da sie sich positiv auf die sensorischen Merkmale der Lebensmittel auswirken und eine Verstärkung des süßen Geschmacks hervorrufen [PRAKASH et al., 2008]. Für die Untersuchung der veränderten Eigenschaften eignen sich sensorische Analysemethoden, die sich in statische und dynamische Verfahren unterteilen lassen [LEE und PANGBORN, 1986; SOKOLOWSKY und FISCHER, 2012].

In der vorliegenden Masterarbeit werden drei verschiedene sensorische Analyseverfahren zur Bewertung von Produkten, in denen Zucker durch das Süßungsmittel Stevia ersetzt wurde, angewandt und auf ihre Vor- und Nachteile überprüft. Darüber hinaus soll ermittelt werden, inwiefern sich sensorische Charakteristika der Proben durch Verwendung einer Mischung aus Saccharose und Stevia verändern. Als Modellprodukt wird Tee ausgewählt, da er nach Wasser das am zweithäufigsten konsumierte, nicht alkoholische Getränk ist [KATIYAR und MUKHTAR, 1996]. Zur Unterscheidung von sortenspezifischen Variationen werden Grün- und Schwarztee verwendet.

2 Literaturübersicht

2.1 *Stevia rebaudiana* Bertoni

Stevia rebaudiana Bertoni (Abbildung 1) ist eine strauchförmige Pflanze und gehört zur Familie der Korbblütler (*Asteraceae*). Ihren Ursprung hat sie im Nordosten Paraguays, sowie benachbarten Regionen Brasiliens und Argentinien [SOEJARTO, 2002]. Bereits die dort ansässigen Guarani-Indianer nutzten *S. rebaudiana* (im Folgenden auch kurz Stevia genannt) jahrhundertlang unter dem Namen *ka'a he'ê* („Süßes Kraut“) zum Süßen von Mate und medizinischen Tees gegen Sodbrennen und andere Krankheiten. Verantwortlich für den süßen Geschmack sind *ent*-kaurane Diterpenglycoside, kurz Steviolglycoside genannt, die etwa 4-20 % der Blatt-Trockenmasse ausmachen [GEUNS, 2003; HANSON und DE OLIVEIRA, 1993].



Abbildung 1: *Stevia rebaudiana* Bertoni [LEMUS-MONDACA et al., 2012]

Da der Pflanze neben der Süßkraft auch therapeutische Eigenschaften nachgesagt werden, wuchs das ökonomische und wissenschaftliche Interesse für Stevia. Die ersten Berichte über eine kommerzielle Kultivierung in Paraguay stammen aus dem Jahr 1964 [KATAYAMA et al., 1976]. 1968 wurde Stevia auch in Japan als Nutzpflanze eingeführt.

Seitdem folgte der Anbau in zahlreichen weiteren Ländern wie Brasilien, Korea, Mexiko, Indonesien, Tansania, Kanada und den USA [BRANDLE und ROSA, 1992; DONALISIO et al., 1982; FORS, 1995; GOENADI, 1983; LEE et al., 1979; SAXENA und MING, 1988; SHOCK, 1982].

Auf dem Weltmarkt werden vor allem aus den Blättern von *S. rebaudiana* gewonnene und gereinigte Extrakte gehandelt. Diese werden zum Teil als Süßungs- als auch Nahrungsergänzungsmittel verwendet. Hauptbestandteil der Extrakte sind Steviolglycoside wie Steviosid und Rebaudiosid A [KINGHORN et al., 2001]. Zahlreiche Studien geben Hinweise darauf, dass die Glycoside therapeutischen Nutzen bringen. Durch das Ersetzen von Zucker mittels Stevia-Extrakte sollen Blutzucker und Blutdruck gesenkt werden. Des Weiteren wird von entzündungshemmenden, tumorverhindernden, durchfallhemmenden, diuretischen und immunmodulierenden Wirkungen berichtet [CHATSUDTHIPONG und MUANPRASAT, 2009].

Am europäischen Markt wurde Stevia dennoch erst im November 2011 zugelassen, weil zunächst gesundheitliche Risiken ausgeschlossen werden mussten. Der Wissenschaftliche Lebensmittelausschuss (SCF) evaluierte die Sicherheit von Steviolglycosiden in den Jahren 1984, 1988 und 1999. In den darauf folgenden Jahren bis 2009 übernahm diese Überprüfung der Gemeinsame FAO/WHO-Sachverständigenausschuss (JECFA) und schlussfolgerte einen sicheren Gebrauch bei einem ADI-Wert von 4 mg/kg KG/Tag. Das ANS-Gremium der Europäischen Behörde für Lebensmittelsicherheit (EFSA) kam 2010 zu dem Ergebnis, dass nach dem aktuellen wissenschaftlichen Stand Steviolglycoside weder genotoxisch noch karzinogen sind und bestätigte den ADI-Wert nach den Empfehlungen von JECFA [EFSA, 2014].

Im November 2011 wurde schließlich die Verordnung (EU) Nr. 1131/2011 erlassen unter der die Verwendung von Steviolglycosiden als Süßungsmittel in Lebensmittel geregelt wird. Sie sind fortan als Zusatzstoffe mit der Nummer „E 960“ zugelassen. In der aktuellen Stellungnahme von 2014 äußert die EFSA, dass die durchschnittlichen Schätzungen zur Exposition für alle Populationsgruppen unter dem ADI von 4 mg/kg KG/Tag liegen und der Wert somit weiterhin angemessen ist. Lediglich im oberen Bereich der Exposition (95. Perzentile) könnten Kleinkinder über diesen Wert kommen (4,3 mg/kg KG/Tag). Die eigentliche Stevia-Pflanze und ihre Blätter sind derzeit nicht

als Lebensmittel oder Lebensmittelzutat auf dem Markt zugelassen, da ungenügend Studien für den Nachweis der gesundheitlichen Unbedenklichkeit vorliegen [EFSA, 2014].

2.1.1 Inhaltsstoffe von *S. rebaudiana*

Bereits über 100 Verbindungen wurden in den Blättern von *Stevia rebaudiana* identifiziert. Darunter finden sich nicht-glycosidische Diterpene, Flavonoide, Phenolverbindungen, Vitamine, Phytosterole, Triterpene, essentielle Fettsäuren und andere Verbindungen [KENNELLY, 2002; WÖLWER-RIECK, 2012]. Eine Übersicht der durchschnittlichen Nährstoffzusammensetzung in getrockneten Blättern ist Tabelle 1 zu entnehmen. Die Daten wurden von verschiedenen Autoren ermittelt und variieren in den Durchschnittswerten aufgrund verschiedener Herkunftsländer der verwendeten Blätter.

Insgesamt zeigen Stevia-Blätter einen niedrigen Fettanteil und einen beträchtlichen Gehalt an Proteinen. Essentielle Fettsäuren wie zum Beispiel die Linol- und Linolensäure (Tabelle 2) machen im Durchschnitt 7,7 g/100 g Trockenmasse aus. Der Hauptbestandteil unter den Mineralstoffen ist Kalium, gefolgt von Calcium [ABOU-ARAB et al., 2010; KOROBKO et al., 2008; TADHANI und SUBHASH, 2006]. Gesundheitlich bedenklich ist hingegen die verstärkt gespeicherte Oxalsäure. Mit 2,3 g/100 g ist der Gehalt sogar höher als in Spinat, der bereits mit 0,12 – 1,3 g/100 g als Lebensmittel mit hohem Oxalsäureanteil eingestuft wird [SAVITA et al., 2004].

Tabelle 1: Nährstoffzusammensetzung der getrockneten Blätter von *S. rebaudiana* (g/100g oder mg/100g); [mod. nach ABOU-ARAB et al., 2010; KAUSHIK et al., 2010; SAVITA et al., 2004; TADHANI und SUBHASHI, 2006; WÖLWER-RIECK, 2012]

	Tadhani und Subhash (2006)	Savita et al. (2004)	Wölwer-Rieck (2012)	Kaushik et al. (2010)	Abou-Arab et al. (2010)
			Paraguay	Spanien	Monsum
Feuchtigkeit (%)		7	7,2	8,8	8,6
Asche (%)	13,1	11	7,7	8,1	9,5
Protein (%)	20,4	10	15,5	12,1	12,9
Kohlenhydrate, gesamt (%)	35,2	52			11,4
Fructose (%)			1,4	1,2	61,9
Glucose (%)			0,95	0,63	
Fett (%)	4,3	3	5,0	3,6	3,7
Rohfaser (%)		18	12,1	9,7	15,5
Calcium (mg/100g)	1550	464,4		722	808
Essentielle AS, gesamt (g/100g)					7,7
Nicht-essentielle AS, gesamt (g/100g)					3,7
Oxalsäure (mg/100g)		2295			
Phosphor (mg/100g)	350	11,4			
Eisen (mg/100g)	36,3	55,3		31,1	31,1
Natrium (mg/100g)	160	190		32,7	63,4
					14,9

Fortsetzung Tabelle 1

Kalium (mg/100g)	2510	1800	839	730,3	21,2
Magnesium (mg/100g)	500				3,3
Mangan (mg/100g)	9,8				2,9
Molybdän (mg/100g)	0,1				
Selen (mg/100g)	0,06				
Zink (mg/100g)	6,4				1,3
Kupfer (mg/100g)	1,0				0,7
Kobalt (mg/100g)	0,03				

Tabelle 2: Fettsäureprofil (g/100g) des Blattöls von *S. rebaudiana*; Werte wurden bei 0 % Feuchtigkeit/100g bestimmt. [mod. nach KOROBKO et al., 2008; TADHANI und SUBHASH, 2006]

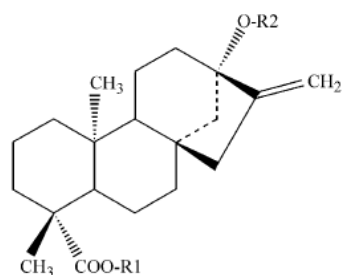
	Tadhani und Subhash (2006)	Korobko et al. (2008)
Palmitinsäure (C 16:0)	27,5	2,1
Palmitoleinsäure (C 16:1)	1,3	
Stearinsäure (C 18:0)	1,2	2,0
Ölsäure (C 18:1)	4,4	
Linolsäure (C 18:2)	12,4	9,3
Linolensäure (C 18:3)	21,6	25,0

Wie bereits erwähnt sind Steviolglycoside ein wichtiger Bestandteil von Stevia-Blättern und bilden die Basis für die Süßkraft der Pflanze sowie der daraus hergestellten Extrakte. *S. rebaudiana* speichert über 30 verschiedene Steviolglycoside, die in Summe bis zu 20 % des Blatt-Trockengewichts ausmachen [BRANDLE et al., 1998]. Es sind *ent*-kaurane Diterpen-Glycoside mit dem gemeinsamen Aglykon Steviol und unterscheiden sich nur in den Substituenten am C-13 und/oder C-19. Zu den bekanntesten Steviolglycosiden zählen Steviosid, Steviolbiosid, Rebaudiosid A, B, C, D, E, F und Dulcosid A (Abbildung 2). Den Hauptanteil machen Steviosid und Rebaudiosid A aus [GEUNS, 2003; KINGHORN, 2002]. Ihre Konzentration wird von zahlreichen Faktoren wie dem Genotyp und den Kultivierungsbedingungen bestimmt [KENNELLY, 2002].

Die Süßkraft der Glycoside hängt stark von ihrer Struktur ab. Verbindungen mit längeren, verzweigten Zuckerketten am C-13 erzeugen eine stärkere Ausprägung des süßen Geschmackseindrucks als Verbindungen mit kürzeren, unverzweigten Substituenten. Außerdem wird die Intensität der Süße durch C-19-Verknüpfungen gesteigert. Sobald ein Glucose-Rest durch Rhamnose ausgetauscht wird, sinkt wiederum die Ausprägung des Attributs [KINGHORN et al., 1995].

Bei der Herstellung von Stevia-Süßstoffen liegt das Interesse aufgrund der stärkeren Süßkraft hauptsächlich auf den Glycosiden Steviosid und Rebaudiosid A, wobei reines Steviosid meist einen signifikant stärker ausgeprägten bitteren Nachgeschmack aufweist. Rebaudiosid A hingegen ist aufgrund der zusätzlichen Glucose-Einheit durch eine höhere Intensität der Süße und einen geringeren Anteil an Off-Flavour ausgezeichnet [DE OLIVEIRA et al., 2007; FAO, 2010].

Gewonnen werden die Steviolglycoside aus den zerkleinerten Blättern, die mit heißem Wasser extrahiert und im Folgenden mit Adsorptionsharzen und Alkohol isoliert sowie rekristallisiert (eventuell auch sprühgetrocknet) werden. Anschließend können zusätzliche Reinigungsprozesse mit Ionenaustauschharzen erfolgen. Das endgültige Pulverpräparat ist weiß bis hellgelb und löst sich leicht in Wasser und Alkohol. Für die Zulassung müssen die Süßstoffe mindestens 95% Gesamt-Steviolglycoside enthalten [FAO, 2010].



	Verbindung	R1	R2
1	Steviol	H	H
2	Steviolbiosid	H	β -Glc- β -Glc(2 $\rightarrow$ 1)
3	Steviosid	β -Glc	β -Glc- β -Glc(2 $\rightarrow$ 1)
4	Rebaudiosid A	β -Glc	β -Glc- β -Glc(2 $\rightarrow$ 1) β -Glc(3 $\rightarrow$ 1) β -Glc- β -Glc(2 $\rightarrow$ 1)
5	Rebaudiosid B	H	β -Glc(3 $\rightarrow$ 1) β -Glc- β -Glc(2 $\rightarrow$ 1) β -Glc(3 $\rightarrow$ 1) β -Glc- α -Rha(2 $\rightarrow$ 1)
6	Rebaudiosid C (Dulcosid B)	β -Glc	β -Glc(3 $\rightarrow$ 1) β -Glc- α -Rha(2 $\rightarrow$ 1) β -Glc(3 $\rightarrow$ 1) β -Glc- β -Glc(2 $\rightarrow$ 1)
7	Rebaudiosid D	β -Glc- β -Glc(2 $\rightarrow$ 1)	β -Glc(3 $\rightarrow$ 1) β -Glc- β -Glc(2 $\rightarrow$ 1) β -Glc(3 $\rightarrow$ 1) β -Glc- β -Glc(2 $\rightarrow$ 1)
8	Rebaudiosid E	β -Glc- β -Glc(2 $\rightarrow$ 1)	β -Glc(3 $\rightarrow$ 1) β -Glc- β -Glc(2 $\rightarrow$ 1) β -Glc- β -Xyl(2 $\rightarrow$ 1)
9	Rebaudiosid F	β -Glc	β -Glc(3 $\rightarrow$ 1) β -Glc- α -Rha(2 $\rightarrow$ 1)
10	Dulcosid A	β -Glc	β -Glc(3 $\rightarrow$ 1) β -Glc- α -Rha(2 $\rightarrow$ 1)

Abbildung 2: Struktur der wichtigsten Glykoside von *Stevia rebaudiana*. Glc = Glucose, Xyl = Xylose, Rha = Rhamnose; [mod. nach GEUNS, 2003]

2.1.2 Rebiana (Rebaudiosid A)

2.1.2.1 Chemische Eigenschaften und Metabolismus

Hoch gereinigtes Rebaudiosid A wird auch unter dem Namen Rebiana kommerziell vermarktet. Es wird in zahlreichen Getränken und Lebensmitteln eingesetzt und entspricht einem Gewichtsanteil von mindestens 97 % Rebaudiosid A beziehungsweise von maximal 3 % anderen Steviolglycoside [PRAKASH et al. 2008].

In wässriger Lösung ist Rebiana am stabilsten im pH-Bereich von 4 bis 8. Deutlich instabiler erweist es sich lediglich bei einem sauren pH-Wert unter 2 und bei hohen

Temperaturen. Solange sich die Erhitzungsphasen nur auf einen kurzen Zeitraum beschränken, kommt es jedoch zu keinen erhöhten Abbauvorgängen. Aus diesem Grund lässt sich Rebaudiosid A gut bei der Herstellung zahlreicher Getränke wie säurefreien Tees einsetzen. Abbildung 3 verdeutlicht Reaktionswege in wässrigen Lösungen (pH 2-8), die möglicherweise zu Verlusten von Rebaudiosid A führen können [PRAKASH und DUBOIS, 2007].

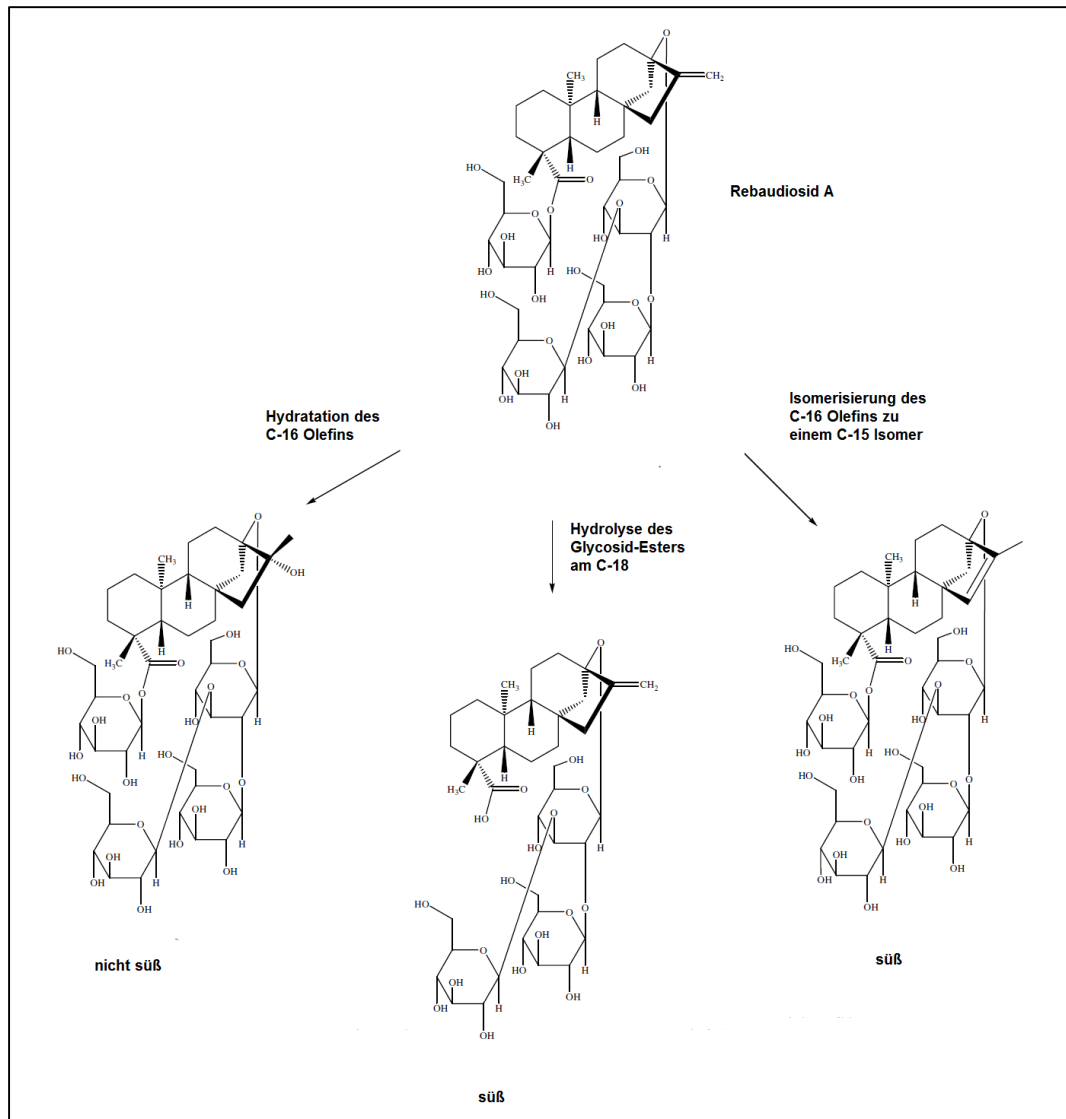


Abbildung 3: Die wichtigsten Reaktionswege des Rebaudiosid A-Abbaus unter hydrolytischen Bedingungen (pH 2-8); [mod. nach PRAKASH und DUBOIS, 2007]

Wheeler et al. (2008) untersuchten in ihrer Studie die Verstoffwechselung von Rebaudiosid A im menschlichen Körper (Abbildung 4). Im Gastrointestinaltrakt wird Rebaudiosid A vor der Absorption zunächst zu Steviol hydrolisiert. Anschließend erfolgt in der Leber eine Konjugation zu Steviolglucuronid. Der Großteil des im Körper

zirkulierenden Steviols liegt in glucuronierter Form vor und wird über den Urin ausgeschieden. Es ist nur eine kleine Menge Steviol im Urin nachweisbar (0,04 %).

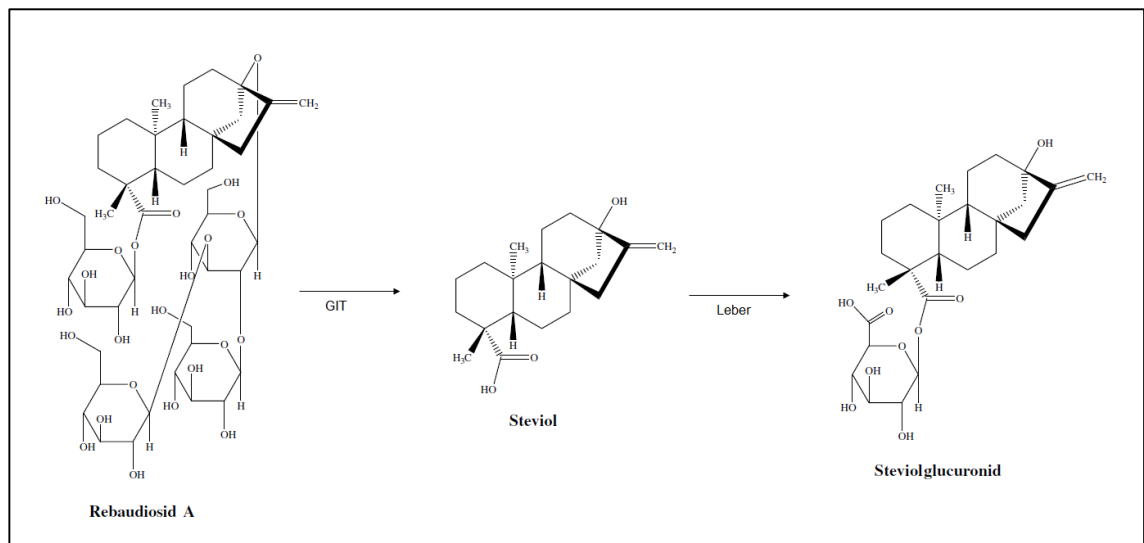


Abbildung 4: Metabolismus von Rebaudiosid A im menschlichen Körper; GIT = Gastrointestinaltrakt; [mod. nach WHEELER et al., 2008]

2.1.2.2 Sensorische Eigenschaften von Rebiana

Ein wichtiger Faktor für die Einsatzmöglichkeiten Rebianas ist seine Süßkraft im Vergleich zu Zucker. Entscheidend bei der Bestimmung des Süßungspotentials sind die Matrix und die Konzentrationen. Bei niedrigen Dosierungen erreicht Rebaudiosid A eine 200 bis 300fache Süßkraft (Zucker = 1). Steigen jedoch die eingesetzten Mengen, so sinkt auch das resultierende Süßungspotential. Cardello et al. (1999) beschrieben beispielsweise bei der Herstellung eines Stevia-Extrakts mit äquivalenter Süße zu einer 10-prozentigen Zuckerlösung eine nur 100fache Süßkraft. Bei einer 6 % Saccharoseäquivalenz (SA) beschrieben Dubois et al. (1991) für Rebaudiosid A eine relative Süßkraft von 200. Die verwendete Matrix in der Literatur ist Wasser.

Die eingesetzten Konzentrationen haben außerdem Auswirkungen auf andere sensorische Eigenschaften. Bei niedrigen Dosierungen (≤ 6 % SA) ist Rebaudiosid A durch eine Süße ohne beziehungsweise mit kaum wahrnehmbarem Off-Flavour charakterisiert. Bei höheren Mengen (>6 % SA) hingegen steigt die Intensität von anderen Attributen wie Bitterkeit und Lakritze-Flavour (Abbildung 5) [YOUNG und WILKENS, 2007a]. Saß beschrieb in seiner Studie von 2010 die Entstehung von weiteren unerwünschten

Merkmale wie dem metallischen Flavoureindruck oder der künstlichen Süße [SAß, 2010].

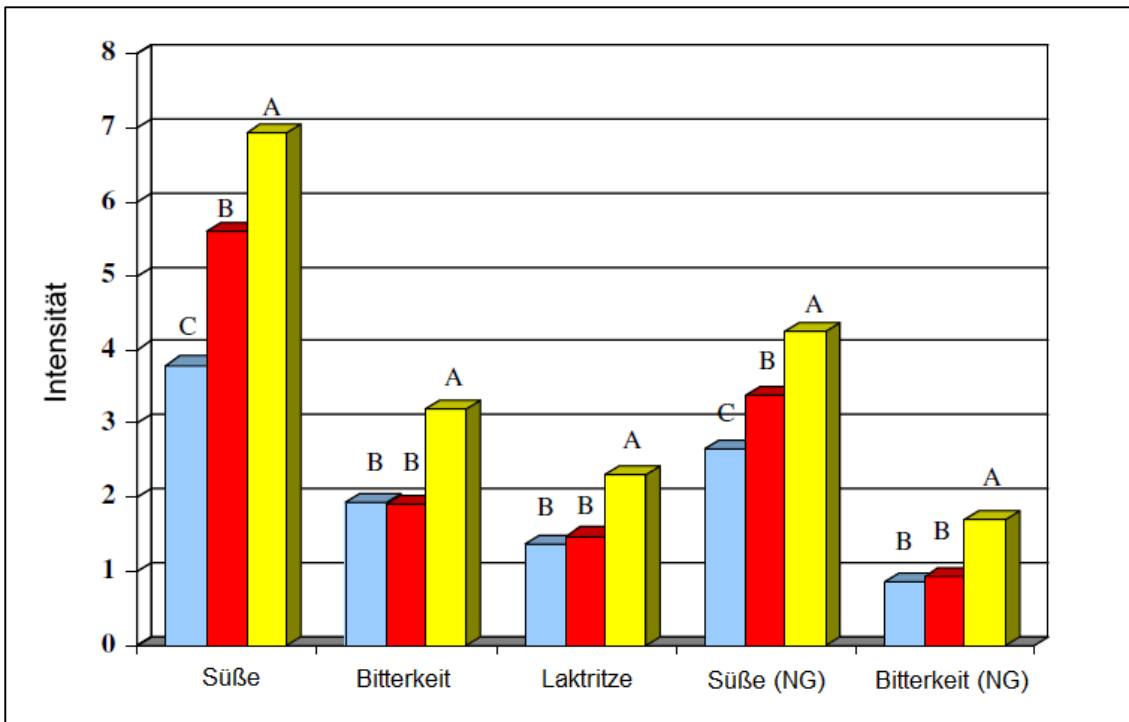


Abbildung 5: Sensorisches Profil von Rebiana bei 112 (blau), 236 (rot) und 529 (gelb) mg/L in Wasser. Der gleiche Buchstabe innerhalb eines Attributs bedeutet einen nicht signifikanten Unterschied. NG = Nachgeschmack [mod. nach YOUNG und WILKENS, 2007a]

Young und Wilkens (2007b) untersuchten darüber hinaus das dynamische Verhalten der Geschmacksmodalität süß mit Hilfe eines Zeit-Intensitäts-Tests. Es wurden wässrige Lösungen von Aspartam (531 mg/L $\approx$ 0,05 %), Rebiana (529 mg/L $\approx$ 0,05 %) und Zucker (80 g/L = 8 %) verglichen. Die Dauer der Analyse betrug drei Minuten, wobei nach fünf Sekunden die Proben geschluckt wurden. Anhand der Abbildung 6 wird deutlich, dass das Intensitätsmaximum von Zucker am schnellsten (10 s), von Aspartam etwas später und von Rebiana zuletzt (20 s) erreicht wurde. Außerdem bewirkte Rebaudiosid A das längste Anhalten der Süße, mit einer verbleibenden Intensität von circa 40 % des Maximalwertes nach drei Minuten.

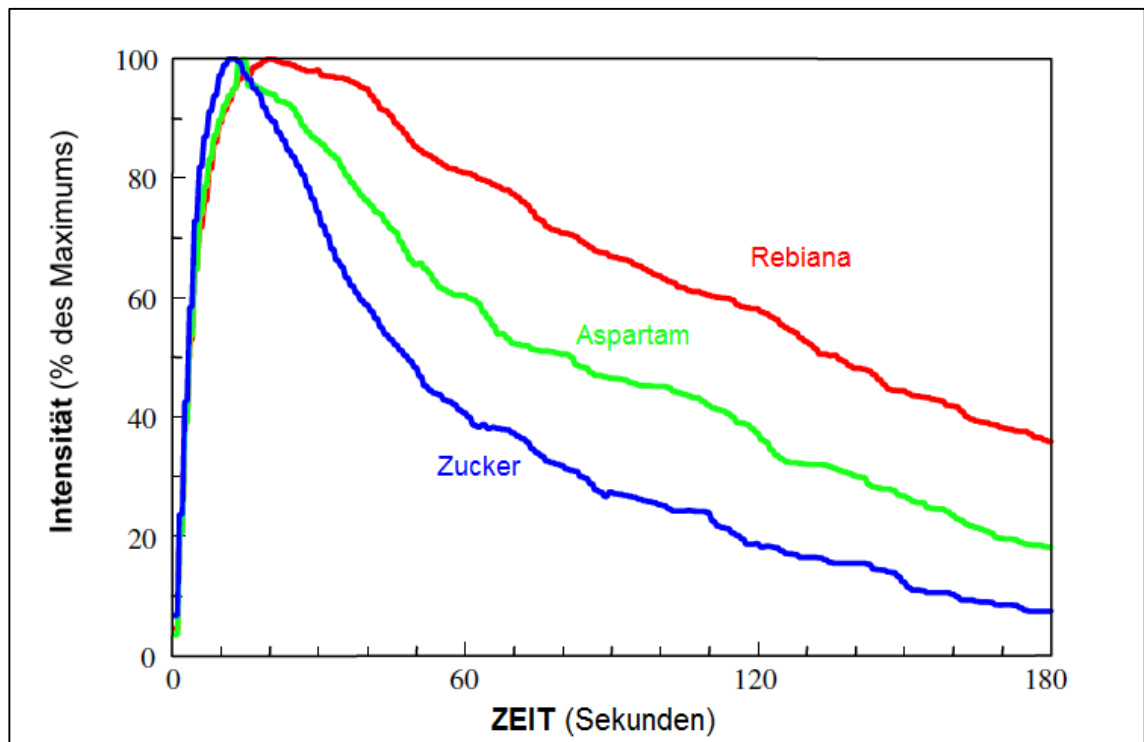


Abbildung 6: TI-Kurven für wässrige Lösungen von Rebiana (529 mg/L), Aspartam (531 mg/L) und Zucker (80 mg/L) bei Zimmertemperatur [mod. nach YOUNG und WILKENS, 2007b]

Rech (2012) führte ebenfalls einen Zeit-Intensitäts-Test für eine wässrige Lösung von Rebaudiosid A (0,06 %) und Saccharose (10 %) durch. Der süße Geschmackseindruck für Zucker erreichte sein Intensitätsmaximum nach 15 Sekunden und die Süße von Rebaudiosid erst nach 40 Sekunden (Abbildung 7). Die Messung wurde für die Dauer von zwei Minuten durchgeführt. Nach Ablauf der Zeit war die Intensität des süßen Geschmacks für Rebaudiosid A höher als jene für Saccharose. Dies verdeutlichte erneut den langanhaltenden Geschmackseindruck Rebianas.

Das beschriebene Zeitprofil des Steviolglycosids wirkt sich vorteilhaft auf Produkte wie Kaugummi aus, in denen eine verlängerte Wahrnehmung des süßen Geschmacks erwünscht ist. Schlussfolgernd wird für solche Lebensmittelgruppen eine Rebaudiosid A-Dosierung gesucht, die in einem langanhaltenden Geschmackseindruck, jedoch ohne nachteilige Off-Flavour, resultiert.

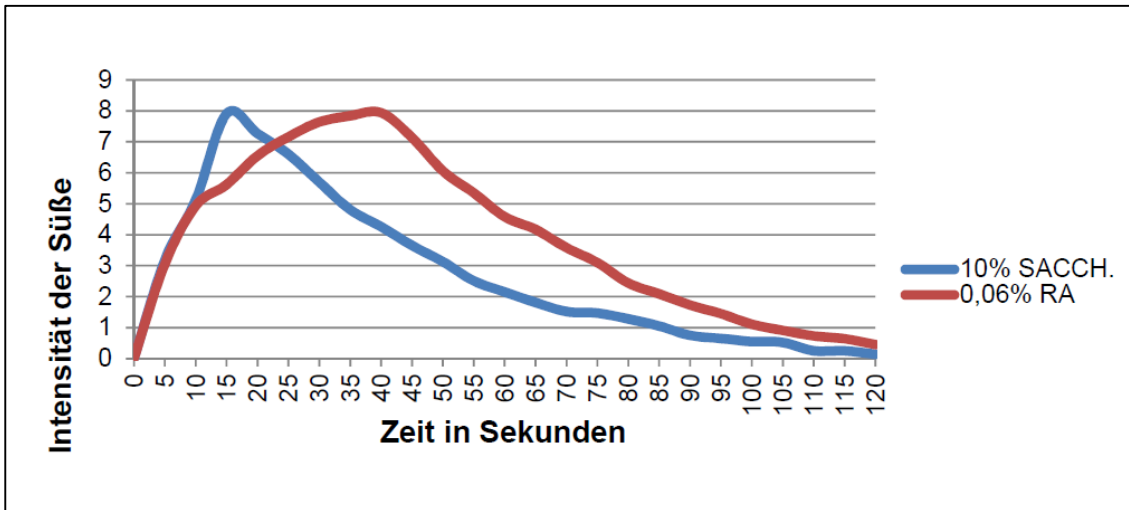


Abbildung 7: TI-Kurven von 10 % Saccharose und 0,06 % Rebaudiosid A in Wasser [RECH, 2012]

Eine Möglichkeit diese Herausforderung zu lösen, ist eine Mischung Rebianas mit anderen nicht-kalorischen oder kalorischen Süßungsmitteln. Mischungen wirken sich meist synergistisch auf die Intensität der Süße aus und verbessern die Flavour- und Zeitprofil-Eigenschaften. Prakash et al. (2008) schlugen eine Abdeckung von 20 bis 80 % der Süße durch Rebaudiosid A und des restlichen Anteils durch Saccharose vor. Dieses Verhältnis soll ein sensorisches Profil bewirken, das sich ähnlich zu dem von reinem Zucker verhält. Auf diese Weise wird eine Kalorienreduktion ohne nachteilige sensorische Beeinflussungen erzielt.

2.2 Grüner und schwarzer Tee

Heutzutage gehört Tee zu den beliebtesten Genussmitteln weltweit und ist nach Wasser das am zweithäufigsten konsumierte, nicht alkoholische Getränk. Für die Teeproduktion werden Blätter und Blattknospen der Pflanze *Camellia sinensis* (Familie: Theaceae) verwendet. Das Strauchgewächs hat seinen Ursprung in Südost-Asien und wird mittlerweile weltweit in über 30 Ländern kultiviert. Je nach vorangehender Verarbeitung wird der gewonnene Tee in drei Grundtypen unterteilt [KATIYAR und MUKHTAR, 1996]:

- Grüntee (nicht fermentiert)
- Oolong-Tee (halb-fermentiert)
- Schwarztee (fermentiert)

Von der Gesamtsumme an produziertem und konsumiertem Tee macht Schwarztee in etwa 78 %, Grüntee 20 % und Oolong-Tee weniger als 2 % aus. Schwarztee wird insbesondere in Europa, den USA und einigen asiatischen Ländern konsumiert, während Grüntee die beliebteste Teesorte in China, Japan, einigen nordafrikanischen Ländern und im mittleren Osten ist. Der Konsum von Oolong-Tee beschränkt sich auf Südost-China und Taiwan [KATIYAR und MUKHTAR, 1996].

2.2.1 Unterschiede in der Herstellung

Die Herstellung von grünem und schwarzem Tee unterscheidet sich vor allem in der Fermentation. Für die Produktion von grünem Tee werden frisch geerntete Teeblätter bei hohen Temperaturen bedampft und anschließend getrocknet. Dieser Prozess ist entscheidend für die Deaktivierung von endogenen Polyphenoloxidasen und verhindert eine Fermentation [ZAVERI, 2006]. Bei der Produktion von Schwarztee werden keine Enzyme deaktiviert. Die Polyphenoloxidase und Peroxidase des Tees katalysieren die Fermentation, die zu einer oxidativen Polymerisation und Kondensation der pflanzeigenen Catechine führt [CHATURVEDULA und PRAKASH, 2011]. Eine genaue Übersicht über den Herstellungsprozess der Tees ist Abbildung 8 zu entnehmen.

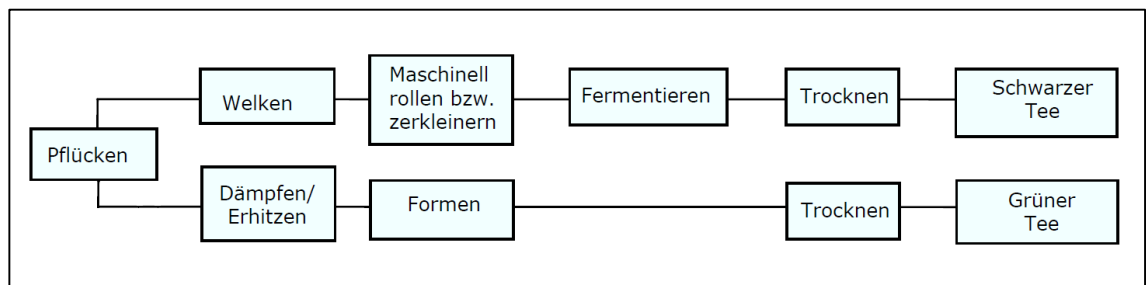


Abbildung 8: Herstellungsübersicht für grünen und schwarzen Tee [mod. nach ÖSTERREICHISCHES LEBENSMITTELBUCH, 2009]

2.2.2 Chemische Zusammensetzung

Die Blätter von *C. sinensis* enthalten zahlreiche chemische Bestandteile wie Methylxanthine, Aminosäuren (davon 50 % Theanin), Chlorophyll, Carotinoide, Koffein, Vitamine und über 600 flüchtige Verbindungen. Den Hauptbestandteil bilden Polyphenole mit einem Anteil von 25 bis 35 % der Trockenmasse [CHATURVEDULA und PRAKASH, 2011]. Sie lassen sich in sechs wesentliche Gruppen unterteilen [MUKHTAR und AHMAD, 2000]:

- Flavanole
- Hydroxyl-4 –Flavanole
- Anthocyane
- Flavonone
- Flavonole
- Phenolsäuren

Unter den Flavanolen sind Catechine (Flavan-3ole) vorherrschend und stellen einen wichtigen Einflussfaktor auf das Produktprofil von Grün- und Schwarztee dar. Die bedeutendsten Catechine sind (-)-Epicatechin (EC), (-)-Epicatechingallat (ECG), (-)-Epigallocatechin (EGC) und (-)-Epigallocatechingallat (EGCG) [KHOKHAR et al., 1997]. In Schwarztee wird ein Teil der Catechine im Verlauf der Fermentation oxidativ polymerisiert. Es entstehen unter anderem Theaflavine, Theaflavinsäuren, Thearubigine und Proanthocyanidin-Polymere [BALENTINE et al., 1997; HARA et al., 1995; LEE et al., 2008].

Mitter (2002) untersuchte verschiedene Grün- und Schwarzteesorten auf ihren Gesamtpolyphenolgehalt. Die ermittelten Werte für Grüntee lagen zwischen 1,12 – 1,49 g/l, bei Schwarztee zwischen 0,74 – 1,72 g/l. Innerhalb der Teearten erreichte die Schwarzteemischung 1,3 g/l und die Grünteemischung 1,49 g/l. Insgesamt zeigten die Untersuchungen vergleichbar hohe Werte im Phenolgehalt.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass Grün- und Schwarztee komplexe Medien aus zahlreichen chemischen Bestandteilen sind. Der Polyphenolgehalt beider Tees unterscheidet sich nicht wesentlich, allerdings die Zusammensetzung der Polyphenole aufgrund der unterschiedlichen Herstellungsprozesse. Zusätzlich bedingen viele weitere Faktoren (Varietät der Pflanze, Saison des Pflückens, Bodenzusammensetzung, Düngung, Klima) hohe Schwankungen im Gehalt der Inhaltsstoffe [UNACHUKWU et al., 2010].

2.2.3 Sensorische Eigenschaften

Die Zusammensetzung der Tees resultiert in unterschiedlichen sensorischen Produktprofilen. Grüner Tee wird charakterisiert durch eine intensive Adstringenz und Bitterkeit, eine mittlere Ausprägung für die Grundgeschmacksarten süß und umami, und

eine geringe Intensität für sauer und salzig. Nakagawa et al. (1970) haben folgende relative Gewichtungen der Eindrücke (0-10) vorgeschlagen:

- Adstringenz: 4,17
- Bitterkeit: 3,44
- umami: 1,42
- süß: 0,53
- salzig und sauer: < 0,3

Die Autoren untersuchten weiterhin Korrelationen der Sinneseindrücke mit chemischen Inhaltsstoffen. Die Adstringenz und Bitterkeit der Grünteeaufgüsse führten sie größtenteils zurück auf Catechine, Koffein und einige Aminosäuren (z. B. Arginin und Alanin). Umami korrelierte mit einigen Aminosäuren wie Theanin und Serin, und die Süße mit endogenen Zuckern [NAKAGAWA et al., 1970]. Kumazawa und Masuda (2002) und Qin et al. (2013) untersuchten verschiedene flüchtige Verbindungen in Zusammenhang mit ihren sensorischen Einflüssen. Die Verbindungen sind unter anderem für Flavoureindrücke wie nussig, fruchtig, floral, metallisch, grün, Meeresalgen, zitrus- und heuartig verantwortlich.

Der Fermentationsprozess von Schwarztee resultiert in veränderten sensorischen Eigenschaften im Vergleich zu Grüntee. Das Produktprofil des Aufgusses wird mit verschiedenen Attributen wie bitter, süß, Adstringenz, malzig, grün, karamell- und heuartig in Zusammenhang gebracht [ALASALVAR et al., 2012]. Das adstringierende Mundgefühl wird insbesondere von Catechinen, Theaflavinen und Flavonolglycosiden verursacht [SCHARBERT et al., 2004]. Diese Substanzen rufen häufig auch bittere Geschmackseindrücke hervor [PELEG et al., 1999]. Qin et al. (2013) brachten weitere Flavourattribute wie harzig, floral, fruchtig und zitrusartig in Verbindung mit Schwarztee. Die fehlende Wahrnehmung von umami kann darauf zurückzuführen sein, dass der Tee einen geringeren Theaningehalt aufgrund höherer angewandter Temperaturen beim Herstellungsprozess aufweist [AHMED und STEPP, 2013].

2.3 Wechselwirkungen

Tee stellt ein komplexes Medium mit einer Vielzahl von Inhaltsstoffen dar. Durch das Süßen mit Zucker beziehungsweise Stevia können zahlreiche Wechselwirkungen der

Substanzen entstehen. Aus diesem Grund lassen sich die sensorischen Wahrnehmungen nicht eindeutig vorhersagen, zumal die Eindrücke der Süßungsmittel bereits in wässriger Lösung sehr konzentrationsabhängig sind. Dieses Kapitel soll einen Überblick über bekannte Interaktionen von Sinnesmodalitäten geben, die durch die Beschaffenheit der verwendeten Proben entstehen können.

2.3.1 Modulation von Geschmackswahrnehmungen

Geschmacksmodulation bezeichnet eine systemische Abwandlung einer Geschmackswahrnehmung. Im Wesentlichen wird die Wahrnehmung durch die vier Dimensionen Qualität, Intensität, Dauer und Lokation definiert. Gemäß der Dimensionen wird Geschmacksmodulation in vier verschiedene Klassifikationen unterteilt [DÜRRSCHMID, 2009]:

- 1) *Qualitative Modulation*: Änderung der Geschmacksqualität
- 2) *Quantitative Modulation*: Geschmacksintensität wird verstärkt oder vermindert
- 3) *Zeitliche Geschmacksmodulation*: Dauer einer Geschmackswahrnehmung wird verändert
- 4) *Räumliche Geschmacksmodulation*: Veränderung der Lokalisierung der Wahrnehmung auf der Zunge beziehungsweise im Mundraum

Lebensmittel beinhalten eine Vielzahl an geschmacksgebenden Komponenten, die untereinander interagieren und dadurch zu Geschmacksmodulationen führen können. Man unterscheidet drei Arten von Interaktionen: Chemische, oral-physiologische und kognitive Wechselwirkungen [KEAST und BRESLIN, 2002].

Chemische Interaktionen erfolgen bereits in den Probenlösungen und führen häufig zu veränderten Intensitäten oder gar neuen Geschmacksqualitäten. Ein praktisches Beispiel ist die Reaktion von Säuren und Basen in wässriger Lösung, die zur Bildung von Salzen und dadurch zu einem veränderten Geschmackseindruck führt.

Oral-physiologische Interaktionen hingegen sind periphere Vorgänge im Mund. Bei einer Mischung von zwei Komponenten, kann eine Substanz mit dem Geschmacksrezeptor oder dem Transduktionsmechanismus der anderen Verbindung interagieren. Natriumsalze unterdrücken auf diese Weise die Bitterkeit gewisser Verbindungen. Die Stimuli müssen für diese Art von Wechselwirkung bereits gemischt auf die Zunge gelangen [KEAST und BRESLIN, 2002; KROEZE und BARTOSHUK, 1985].

Kognitive Interaktionen werden für die Suppression (Hemmung) der Intensität einer Mischung von zwei oder mehreren Stimuli beschrieben, das heißt die Intensität der Mischung ist geringer als die Summe der einzelnen Substanzintensitäten. Da es sich in diesem Fall um einen zentral kognitiven Prozess handelt, ist es nicht von Bedeutung, ob die Stimuli bereits gemischt auf die Zunge oder getrennt auf jeweils eine Seite der Zunge gelangen. Die Zungenhälften sind neurologisch unabhängig bis die afferenten Neuronen im Gehirn interagieren [KROEZE und BARTOSHUK, 1985; PANGBORN, 1960].

2.3.1.1 Wechselwirkungen in homogen binären Mischungen

Generell können Wechselwirkungen bereits in binären Mischungen aus ähnlich schmeckenden Substanzen beobachtet werden (zum Beispiel aus zwei süßen Verbindungen). Es handelt sich in der Regel um periphere Interaktionen, die einer sogenannten psychophysikalischen Konzentrations-Intensitäts-Funktion folgen. Mithilfe dieser Funktion erhält man eine sigmoide Kurve (Abbildung 9), die sich in drei Abschnitte unterteilen und anhand dieser erklären lässt. Die x-Achse des Graphen stellt die Konzentration, die y-Achse die Intensität des Attributs dar [KEAST und BRESLIN, 2002].

Zunächst steigt die Kurve exponentiell (1) an und repräsentiert ein schnelleres Intensitätswachstum im Vergleich zur Konzentration. Dieser Zusammenhang kann beim Mischen von Substanzen geringer Konzentrationen beobachtet werden. Es kommt zu einer Hyperadditivität beziehungsweise zum Synergismus der Intensität. Mischungen von Komponenten mittlerer Konzentrationen können dem zweiten Teil der Kurve (2) mit einem linearen Verlauf zugeordnet werden. Die Intensität wächst proportional zu ihrer Konzentration. Im letzten Abschnitt der Kurve (3) ist ein verlangsamtes Wachstum mit Erreichen eines Plateaus zu erkennen, das eine Sättigung der Rezeptoren oder das Erreichen der maximalen Intensität darstellt. Komponenten mit höheren Konzentrationen lösen bei einer Mischung eine Suppression der erwarteten Intensität aus. Die Intensität der Mischung ist geringer als die Addition der Einzelintensitäten [BARTOSHUK, 1975; KEAST und BRESLIN, 2002].

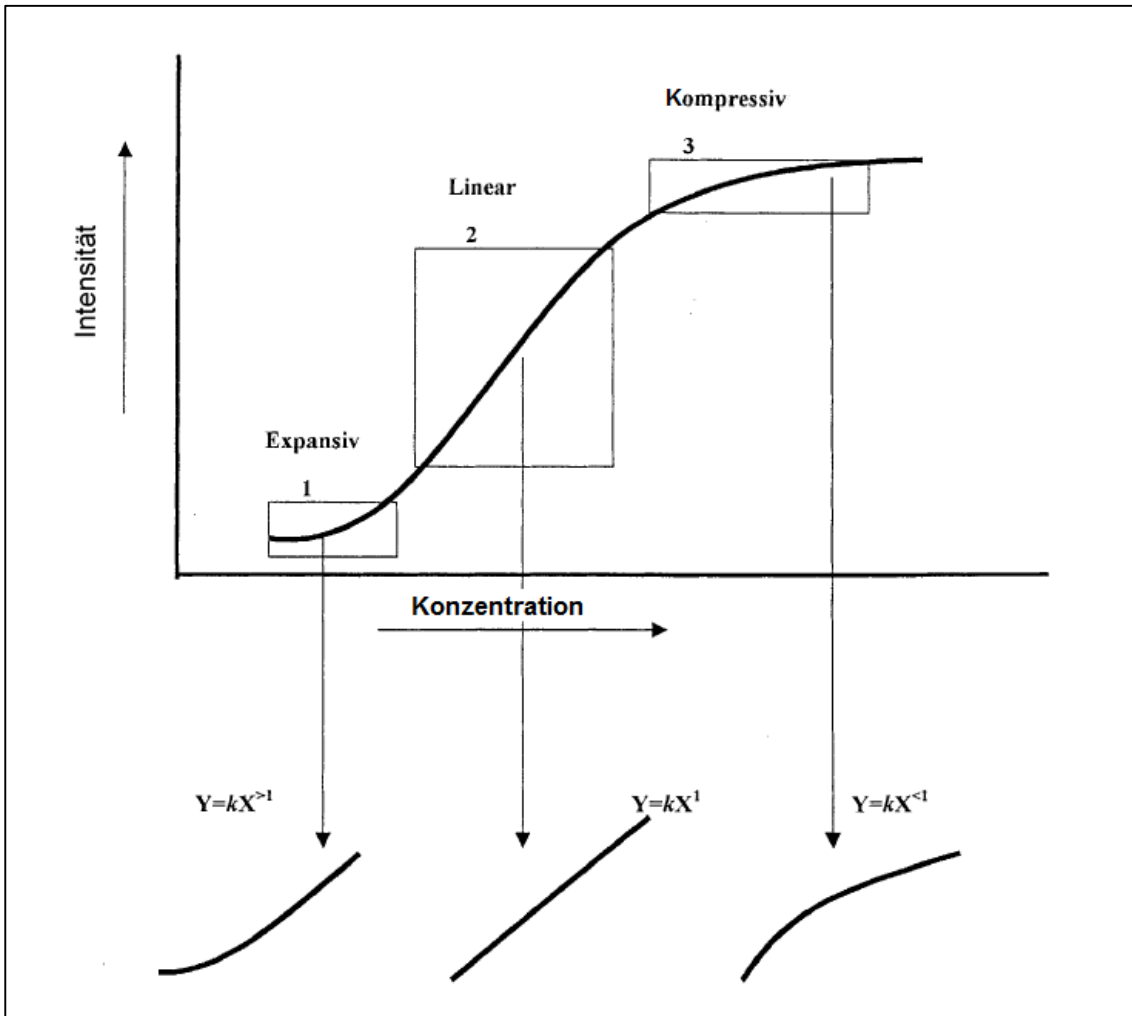


Abbildung 9: Psychophysikalische Konzentrations-Intensitäts-Funktion für Geschmackskomponenten; [mod. nach KEAST und BRESLIN, 2002]

Insgesamt lässt sich mit der psychophysikalischen Funktion eine Vorhersage machen, ob es bei einer binär homogenen Mischung zu einer Verstärkung oder Hemmung des Sinneseindrucks kommt. Mischungen aus Komponenten geringer Konzentrationen ist zumeist ein synergistischer Effekt gemeinsam. Substanzen höherer Konzentrationen führen wiederum vermehrt zu einer Suppression. Diese Zusammenhänge zeigen ebenfalls süße Mischungen mit hoch-intensiven Süßstoffen [KEAST und BRESLIN, 2002]. Schiffman et al. (1995) untersuchten binäre Mischungen von 14 verschiedenen Süßungsmitteln, darunter auch Süßstoffe wie Aspartam und Rebaudiosid A. Die Verbindungen wurden in jeweils drei Konzentrationen überprüft, die einer 3-, 5- und 7-prozentigen Zuckerlösung (Saccharoseäquivalenz, SA) entsprachen. Unter Verwendung der geringsten Konzentration (3 % SA) zeigten insgesamt 50,5 % der Mischungen

synergistische und 41,9 % ein additives Verhalten. Die Lösungen der mittleren Zuckeräquivalenz (5 %) führten in 65,7 % der Fälle zur Additivität (12,4 % Synergismus; 21,9 % Suppression). Bei der höchsten Konzentration (7 % SA) stieg der Anteil an suppressiven Mischungen auf 76 %. Aufgrund der Relevanz von Rebaudiosid A für die vorliegende Arbeit, verdeutlicht Abbildung 10 die Ergebnisse für die binären Mischungen aus Rebiana ($0,009 \% \pm 3 \% \text{ SA}$; $0,020 \% \pm 5 \% \text{ SA}$; $0,047 \% \pm 7 \% \text{ SA}$) und Saccharose.

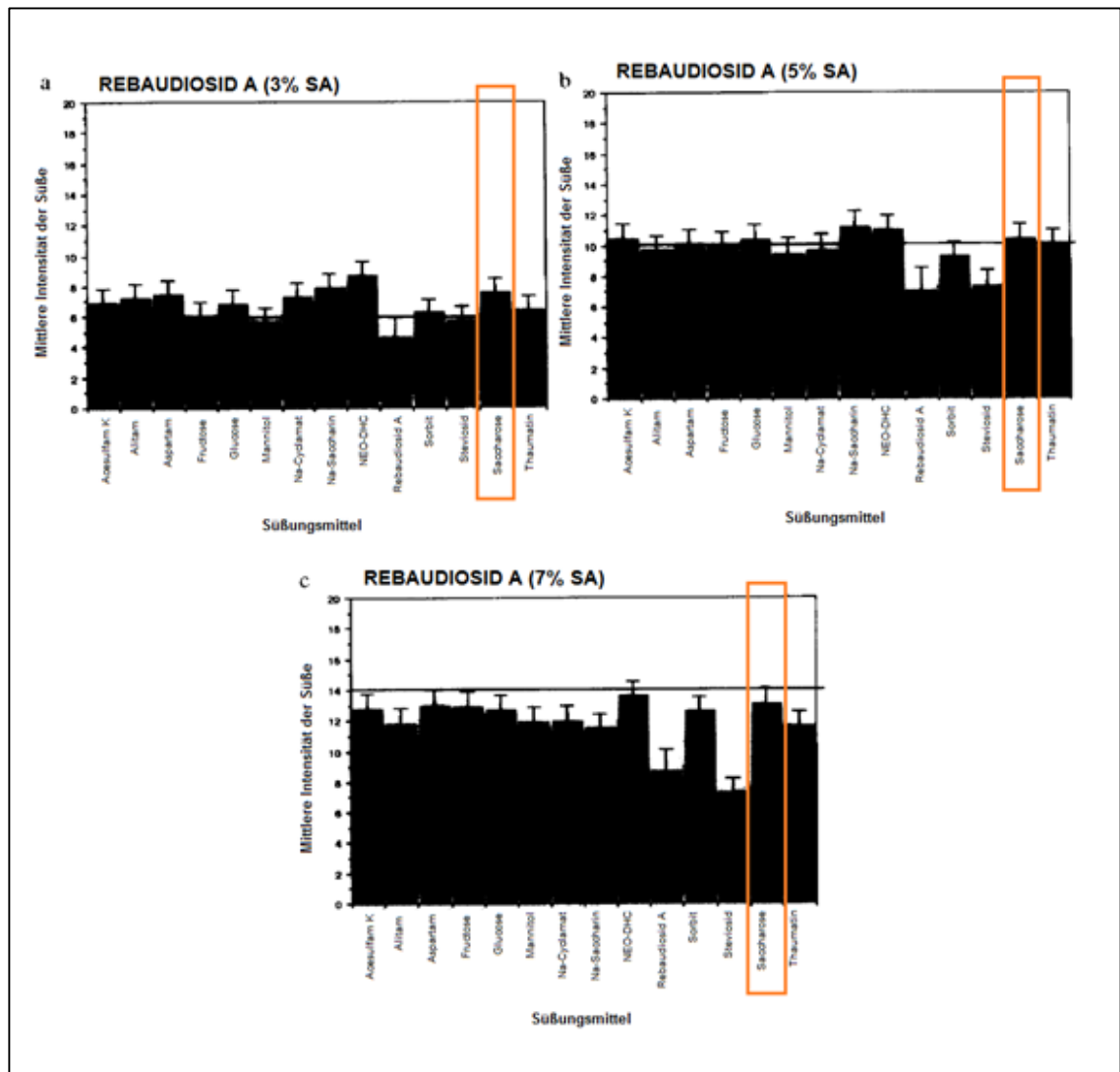


Abbildung 10: Mittlere Intensität der Süße (+ obere Konfidenzgrenze) von binären Mischungen der 14 Süßungsmittel mit Rebaudiosid A; die Linie in jeder Abbildung repräsentiert den erwarteten Wert bei einem additiven Verhalten – a) Mischungen mit 3 % Saccharoseäquivalenz (SA); b) Mischungen mit 5 % SA; c) Mischungen mit 7 % SA [mod. nach SCHIFFMAN et al., 1995]

Keast et al. (2003) untersuchten binäre Mischungen von acht bitteren Komponenten. Diese zeigten größtenteils keine Interaktionen und führten zu einer Additivität der Bitterkeit. Lediglich im niedrigen Konzentrationsbereich konnten vereinzelt suppressive

Interaktionen beobachtet werden. Die Autoren führten die Beobachtungen auf einen möglichen Zusammenhang mit der Erkennung von bitteren Toxinen zurück. Durch die sensorische Summierung der bitteren Einzelintensitäten wird es möglich, den Gehalt an potentiellen Toxinen abzuschätzen. Da jedoch sehr viele unterschiedliche Bitterstoff-Klassen existieren, kann keine Verallgemeinerung für das Verhalten in binären Mischungen geäußert werden.

2.3.1.2 Wechselwirkungen in heterogen binären Mischungen

Das Mischen von Komponenten unterschiedlicher Geschmacksqualitäten kann zu weiteren Interaktionen führen. Die in der Literatur bisher beobachteten Wechselwirkungen zwischen den Grundgeschmacksarten süß, bitter, salzig und sauer werden in Abbildung 11 zusammengefasst.

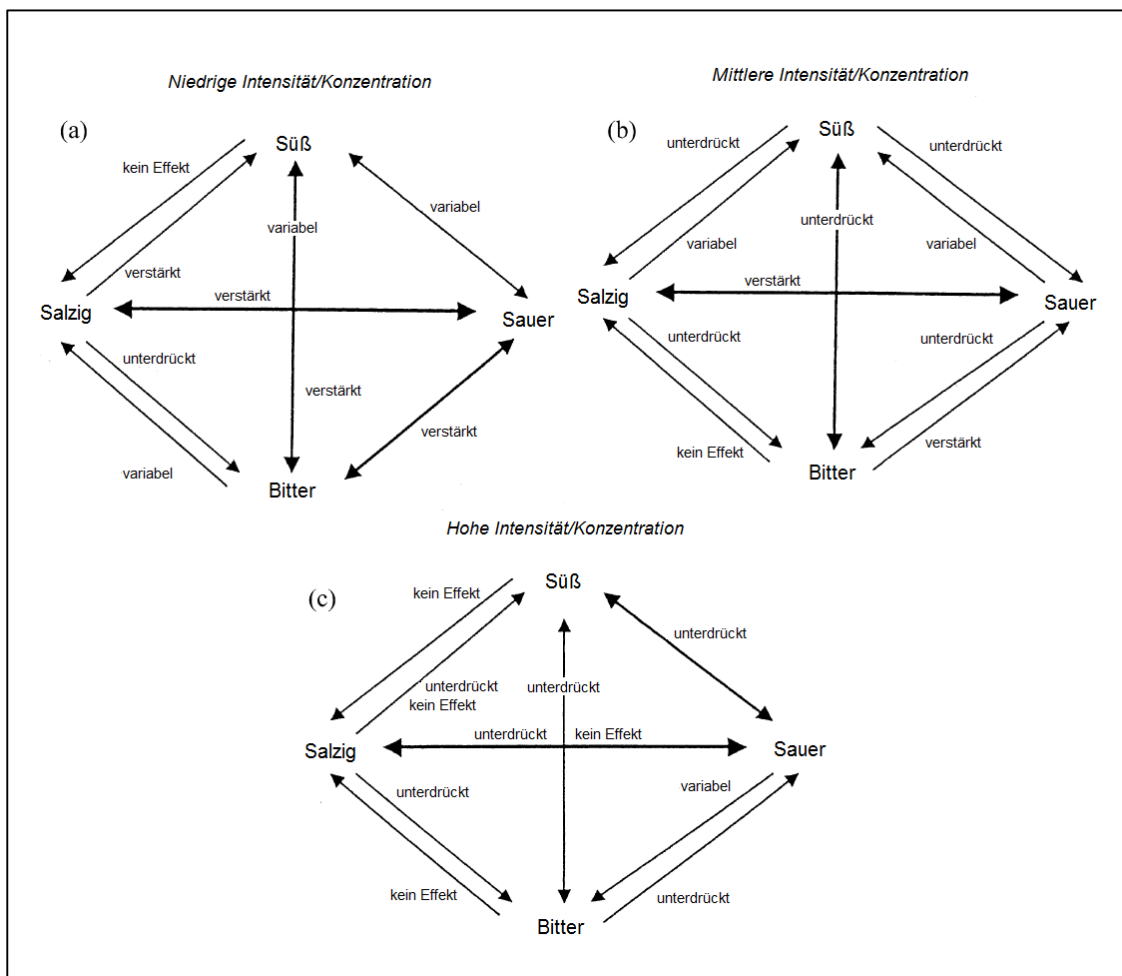


Abbildung 11: Übersicht über heterogen binäre Geschmacksinteraktionen [mod. nach KEAST und BRESLIN, 2002]

Aufgrund teilweise widersprüchlicher Berichte, wird in solchen Fällen der Begriff „variabel“ verwendet. Insgesamt zeigen niedrige Konzentrationen (beziehungsweise Intensitäten) überwiegend verstärkende Wechselwirkungen und Mischungen hoher Konzentrationen vor allem Suppressionen. Im mittleren Konzentrationsbereich werden sowohl synergistische, suppressive als auch additive Reaktionen beobachtet.

In Bezug auf die vorliegende Arbeit sind besonders Wechselwirkungen zwischen bitteren und süßen Komponenten interessant. Im niedrigen Konzentrationsbereich wird von variablen Ergebnissen berichtet. Im mittleren und hohen Bereich überwiegen suppressive Interaktionen. In diesen Konzentrationen zeigen süße Substanzen generell eine hemmende Wirkung gegenüber anderen Grundgeschmacksarten [KEAST und BRESLIN, 2002].

2.3.1.3 Wechselwirkungen komplexer Mischungen

Stevens (1997) befasste sich mit Erkennungsschwellen von Mischungen aus bis zu 24 Komponenten. Seine Ergebnisse zeigten, dass je größer die Anzahl der kombinierten Verbindungen ist, desto niedriger werden ihre wahrnehmbaren Konzentrationen. Dadurch wird ein Gesamteindruck erkannt, obwohl sich die Einzelsubstanzen im unter-schweligen Bereich befinden. Laut Stevens sinkt der Schwellenwert um $1/n$, je nach Anzahl der Komponenten (n).

Mit komplexen Mischungen beschäftigte sich auch die Studie von Green et al. (2010). Die Autoren verglichen binäre, tertiäre und quartäre Mischungen (Bestandteile: Saccharose, Natriumchlorid, Zitronensäure, Chininsulfat). Insgesamt unterstützen die Ergebnisse die Evidenz für unterdrückende Interaktionen bei höheren Konzentrationen. Die Süße der Saccharose war die dominante Geschmacksqualität in allen drei Mischungsverhältnissen. Sie wurde am wenigsten unterdrückt und war zusätzlich der größte Suppressor der anderen Geschmacksqualitäten. Dieser Zusammenhang kann auch in Lebensmitteln beobachtet werden, in denen ein hoher Zuckergehalt nachteilige Bestandteile, wie zum Beispiel einen hohen Salzgehalt, maskieren kann [GREEN et al., 2010].

2.3.2 Interaktionen zwischen verschiedenen Sinnesmodalitäten

In der Literatur gibt es Hinweise darauf, dass sich Geschmacksmodalitäten nicht nur gegenseitig beeinflussen, sondern auch Wechselwirkungen mit anderen Modalitäten wie

dem Geruch eingehen können. Labbe et al. (2007) zeigten in ihrer Studie, dass Riechstoffe im unter-schweligen Konzentrationsbereich die süße Wahrnehmung von Saccharose verstärken können. Darüber hinaus beschrieben Delwiche und Heffelfinger (2005), dass unter-schwellige Konzentrationen von gustatorischen und olfaktorischen Substanzen durch Modalitäten-übergreifende Prozesse summiert werden können. Dadurch werden Stimuli wahrgenommen, die als Einzelsubstanzen nicht erkennbar sind. Diese Addition erfolgt unabhängig vom Geschmack des Geruchsstoffes beziehungsweise Geruch des Geschmacksstoffes.

Riechstoffe können die Wahrnehmung von Süße auch im überschwelligen Konzentrationsbereich beeinflussen. Es sind verstärkende und unterdrückende Einflüsse bekannt. Insgesamt hängt der Einfluss von Geruchs- auf Geschmacksstoffen stark von den jeweiligen Verbindungen ab und kann nicht verallgemeinert werden [FRANK und BYRAM, 1988; STEVENSON et al., 1999].

Weitere Modalitäten-übergreifende Interaktionen sind zwischen dem Geschmack und dem Mundgefühl Adstringenz zu beobachten. Süße Substanzen wie Saccharose können den adstringierenden Eindruck, wie es zum Beispiel für den bitteren Geschmack gezeigt wurde, maskieren. Bei hohen Konzentrationen adstringierender Komponenten wirkt der Zusatz von Saccharose suppressiv. Bei niedrigen Konzentrationen wurde der Effekt hingegen nicht beobachtet [ARES et al., 2009; BRANNAN et al., 2001]. Bei Einsatz des Süßstoffs Aspartam konnten Smith et al. (1996) keinen Effekt auf die Adstringenz von Traubenkern-Tanninen nachweisen.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass eine Vielzahl an möglichen Wechselwirkungen existiert. Die meisten Untersuchungen wurden an wässrigen Lösungen durchgeführt und lassen nur eine beschränkte Übertragbarkeit auf Lebensmittel und Getränke zu. Diese bestehen oftmals aus sehr komplexen Zusammensetzungen und Matrizen, die je nach Inhaltsstoffen zu sehr unterschiedlichen Flavoureindrücken führen. Dennoch liefern die Daten eine Grundlage, um die Wechselwirkungen zwischen den Komponenten eines Produkts einschätzen zu können.

2.4 Sensorische Analysemethoden

Für die Untersuchung sensorischer Eigenschaften eines Lebensmittels steht eine breite Palette an Analysemethoden zur Verfügung. Im Allgemeinen lassen sich statische und dynamische Verfahren unterscheiden. Statische Methoden bewerten Produktmerkmale punktuell zu einem Zeitpunkt. Dadurch sind die Panellisten häufig gezwungen Durchschnittswerte für ihre Beurteilung anzugeben. Ein anerkanntes und oft angewendetes Beispiel ist die Quantitative Deskriptive Analyse [LEE und PANGBORN, 1986].

Der Sinneseindruck von Lebensmitteln ist jedoch von zeitlichen Veränderungen geprägt. Wie bereits beschrieben, wird insbesondere Steviolglycosiden wie Rebaudiosid A ein langanhaltender Geschmackseindruck der Süße nachgesagt. Für die Untersuchung solcher Veränderungen wurden dynamische Prüfmethoden wie zum Beispiel die Time Intensity- und Temporal Dominance of Sensation-Analyse entwickelt [SOKOLOWSKY und FISCHER, 2012].

2.4.1 Statische Methode: Quantitative Deskriptive Analyse (QDA)

Die QDA wurde in den 70er Jahren entwickelt und ist mittlerweile die am häufigsten angewandte deskriptive Analysemethode [NG et al., 2012; STONE et al., 1974]. Mit ihrer Hilfe kann ein Produkt sowohl qualitativ als auch quantitativ bewertet werden. Zunächst beschreibt ein Panel die Merkmale des Produktes anhand selbst gewählter Begriffe. Die Intensität dieser Attribute wird im Anschluss auf einer Skala bewertet. In der Regel handelt es sich um eine stufenlose Linienskala mit zwei verbalen Ankerpunkten (steigende Intensität von links nach rechts) [STONE et al., 1974; STONE und SIDEL, 1998].

Auf diese Weise liefert die QDA ein umfassendes Produktprofil, das üblicherweise anhand eines „Spider-Webs“ verdeutlicht wird. Die Skalenpunkte des Diagramms stellen die Mittelwerte für die jeweiligen Attribute dar und werden aus den Messungen aller Panellisten und Wiederholungen berechnet. Je weiter die Punkte von der Mitte entfernt sind, desto höher ist die Intensität [STONE et al., 1974; STONE und SIDEL, 1998]. In Abbildung 12 ist ein Beispiel für den Aufbau eines Spider-Webs zu erkennen.

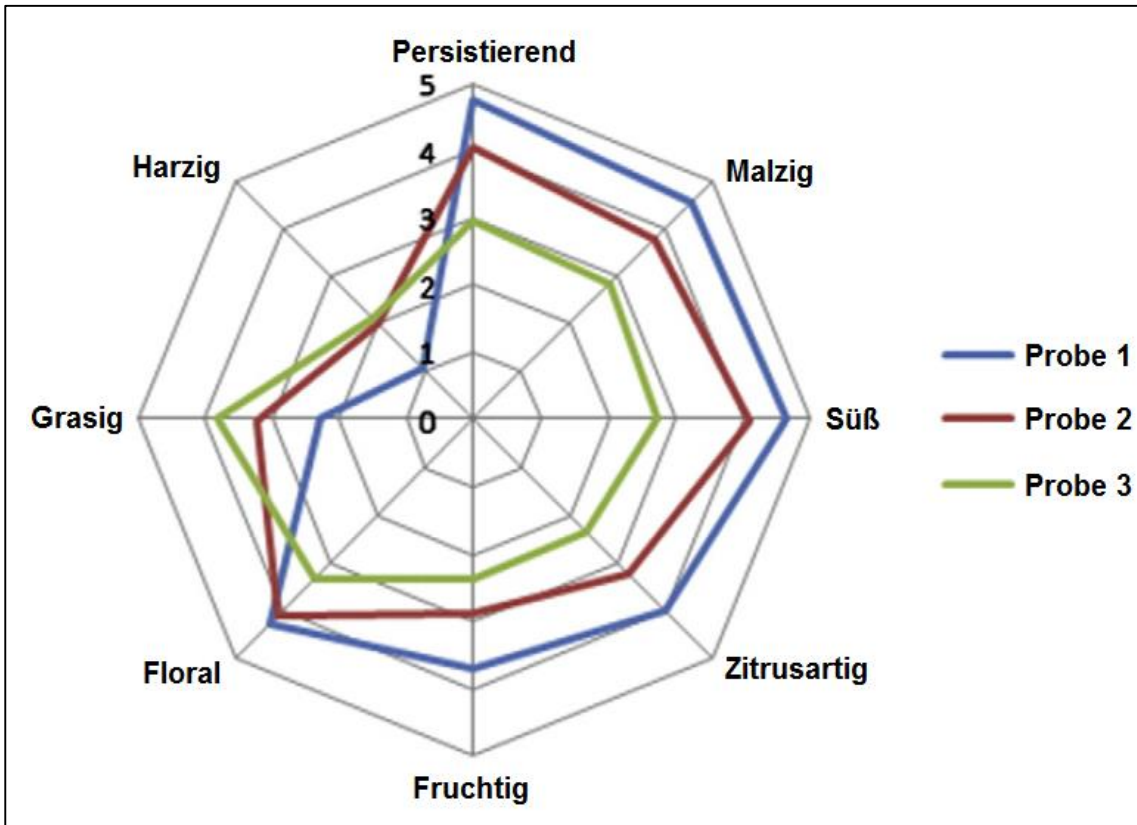


Abbildung 12: Beispiel eines Spider- Webs [mod. nach QIN et al., 2013]

Es gibt es zahlreiche Einsatzgebiete für diese Methode. Sie wird unter anderem bei der Entwicklung neuer Produkte, für Qualitätskontrollen oder bei der Überprüfung sensorischer Wahrnehmungen auf Übereinstimmungen mit chemischen oder physikalischen Messwerten angewendet [CARDOSO und BOLINI, 2008]. Der Vorteil bei einer Quantitativen Deskriptiven Analyse ist die simultane Untersuchungsmöglichkeit aller produktspezifischen Attribute. Jedoch erfolgt die Bewertung nur zu einem Zeitpunkt, der zusätzlich in der Regel nicht festgelegt ist beziehungsweise in der Angabe von Durchschnittswerten resultiert. Die Wahrnehmung von Flavoureindrücken in Lebensmitteln ist kein statisches Phänomen. Beim Prozess des Essens und Trinkens kommt es zur Anpassung der Produkttemperatur an die Mundtemperatur, Verdünnungseffekten durch die Speichelproduktion und anderen Veränderungen beim Zerkleinern und Bewegen des Kauapparats. Dadurch ergeben sich zeitlich Veränderungen in der sensorischen Wahrnehmung, die bei Anwendung der QDA nicht berücksichtigt werden können [NG et al., 2012; SOKOLOWSKY und FISCHER, 2012].

2.4.2 Dynamische Methoden

2.4.2.1 Time Intensity Analyse (TI)

Für die Evaluierung dynamischer Veränderungen wird in den meisten Fällen ein Zeit-Intensitäts-Test (auch TI-Analyse genannt) verwendet. Die Methode ist charakterisiert durch eine kontinuierliche Bewertung der Intensität eines einzelnen Attributs während der gesamten Zeit der Wahrnehmung. Die Analyse lässt sich entweder auf dem Papier (mit Markierungen für Intensitätseinheiten) unter Mitstoppen der Zeit oder Computer-unterstützt durchführen. Das Resultat des Tests ist eine TI-Kurve (Beispiel: Abbildung 6). Die x-Achse repräsentiert die Zeit in Sekunden und auf der y-Achse ist die entsprechende Intensität des Attributs zu erkennen. Als der Zeitpunkt Null wird in der Regel die Aufnahme der Probe in den Mund definiert, oft gefolgt von einer „lag-Phase“ in der noch keine Wahrnehmung stattfindet. Sobald das Attribut wahrgenommen wird, steigt die Kurve bis zu einem Maximum-Level. Dieser Intensitätswert kann für einige Sekunden auf einem Plateau verbleiben und sinkt anschließend entsprechend dem abnehmenden Sinneseindruck. Aus der Kurve lassen sich verschiedene Parameter für weitere Analysen und Vergleiche entnehmen. Sie lassen sich unter anderem in folgende Kategorien einteilen [LEE und PAGBORN, 1986]:

- 1) Zeitabhängige Parameter (Beispiel: Zeitpunkt des Eintretens der maximalen Intensität)
- 2) Intensitätsabhängige Parameter (Beispiel: Maximale Intensität)
- 3) Parameter mit Abhängigkeit von der Dauer des Stimulus (Beispiel: Dauer der Steigungs-/Extinktions-Phase)
- 4) Sonstige Parameter (Beispiel: Gesamt-Fläche unter der Kurve = engl.: total area under the curve (AUC))

Die Methode ermöglicht insgesamt eine gute Beschreibung der zeitabhängigen, sensorischen Wahrnehmung. Es ist jedoch zu beachten, dass mit wachsender Attributanzahl ein immer höherer Zeitaufwand nötig ist, da jedes Merkmal einen eigenen Messungsdurchlauf erfordert. Aus diesem Grund wird der Zeit-Intensitäts-Test üblicherweise nur für wenige Attribute angewendet [PINEAU et al., 2009]. Die Betrachtung von nur einer Geschmacksmodalität auf einmal, birgt zusätzlich die Gefahr eines halo-dumping Effekts. Ein halo-dumping Effekt entsteht beispielsweise, wenn ein

Individuum eine Probe mit zwei Sinneseindrücken (Bitterkeit, Adstringenz) auf nur einer Intensitätsskala (Bitterkeit) bewertet. Dadurch kann das zweite Merkmal (Adstringenz) fälschlicherweise mit in die Bewertungsskala einfließen. Das Problem kann behoben werden, indem für beide Eindrücke eine eigene Skala parallel zur Verfügung gestellt wird [CLARK und LAWLESS, 1994; CLIFF und HEYMANN, 1993].

2.4.2.2 Temporal Dominance of Sensations (TDS)

Für eine Reduktion der Versuchsdauer und zum Vorbeugen eines halo-dumping Effekts, wurde 1999 am „Centre Européen des Sciences du Goût“ (Dijon, Frankreich) die neue Methode TDS entwickelt und erstmalig auf dem Pangborn-Symposium (2003) präsentiert [PNEAU et al., 2003]. Es ist ein multidimensionales Verfahren, bei dem fortwährend angegeben wird, welches von mehreren Produktattributen im Verlauf der Zeit als dominant wahrgenommen wird. Zu diesem Zweck wird dem Panellisten auf einem Computerbildschirm eine Liste aller Attribute präsentiert. Während der Verkostung wählt die Prüfperson das Merkmal aus, das sie als dominant empfindet und bewertet seine Intensität. Als dominant wird das Attribut definiert, welches zum jeweiligen Zeitpunkt die Aufmerksamkeit auf sich zieht. Es muss sich jedoch nicht zwingend um das Merkmal mit der höchsten Intensität handeln. Sobald ein anderes Attribut als dominant erkennbar ist, wird dieses nach demselben Prinzip beurteilt. Sollte dasselbe Merkmal dominant bleiben, aber sich in der Intensität verändern, wird dieses wiederholt unter Berücksichtigung der neuen Intensität bewertet. Der Versuch ist beendet sobald keines der Merkmale mehr wahrzunehmen ist [PINEAU et al., 2009].

Basierend auf den Resultaten von 21 TDS-Studien, empfahlen Pineau et al (2012) für die Durchführung der Methode eine Auswahl von maximal 10 Attributen. Bei einer höheren Anzahl sind einige Panellisten nicht mehr dazu in der Lage die vollständige Liste zu verwenden. Außerdem machten die Autoren darauf aufmerksam, dass Merkmale am Anfang der Liste häufig früher ausgewählt werden als Attribute am Ende der Liste. Aus diesem Grund wurde eine unterschiedliche Reihenfolge der Attribute unter den Panellisten vorgeschlagen. Je Person soll diese Reihenfolge jedoch für alle Versuchsdurchgänge beibehalten werden.

Aus den gewonnenen Daten lässt sich eine sogenannte TDS-Kurve erstellen. Die Kurve hängt nur von der Auswahl des Attributs als dominant oder als nicht dominant ab. Die

Intensität wird in die Berechnung nicht einbezogen, sondern getrennt betrachtet. Die Methodik bei der Erstellung von TDS-Kurven ist Abbildung 13 zu entnehmen. Beim Endergebnis werden für jedes Produkt die Kurven aller bewerteten Attribute in einer Abbildung kombiniert dargestellt [PINEAU et al., 2009].

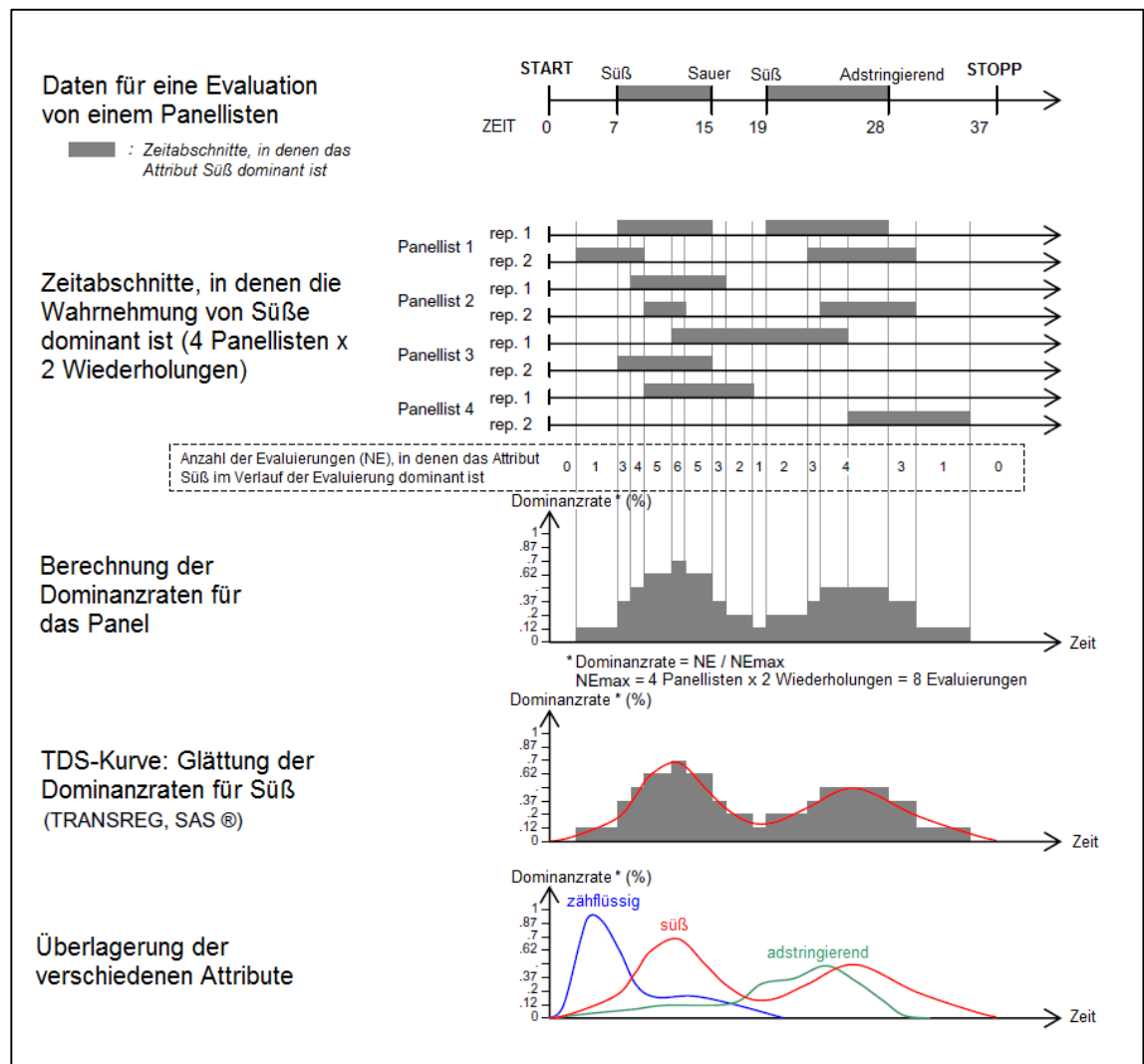


Abbildung 13: Methodik bei der Berechnung von TDS-Kurven [mod. nach PINEAU et al., 2009]

Ähnlich wie bei einer TI-Kurve repräsentiert die x-Achse der TDS-Kurve den Zeitverlauf in Sekunden. Die y-Achse hingegen steht für die Dominanzrate (DR) und gibt die prozentuale Auswahl eines Attributs zum jeweiligen Zeitpunkt als dominant an. Je höher diese Rate ist, desto höher ist die Übereinstimmung unter den Panellisten [PINEAU et al., 2009]. Die sich aus den Kurven ergebenden Parameter lassen sich in ähnliche Kategorien wie beim Zeit-Intensitätstest unterteilen:

- 1) Zeitabhängige Parameter (Beispiel: Zeitpunkt des Eintretens der maximalen Dominanzrate)
- 2) Intensitätsabhängige Parameter (Beispiel: Maximale Dominanzrate)
- 3) Parameter mit Abhängigkeit von der Dauer des Stimulus (Beispiel: Dauer der Steigungs-/Extinktions-Phase)
- 4) Sonstige Parameter (Beispiel: AUC)

Für die Analyse der Intensitäten wird ein sogenannter TDS-Score verwendet. Der Wert gibt die mittlere Intensität eines Attributs an und wird wie folgt berechnet [Ng et al., 2012]:

$$\text{Score} = (\sum \text{Intensität} \times \text{Dauer}) / \sum \text{Dauer}$$

Da das Hauptaugenmerk bei TDS-Analysen jedoch auf der dominanten Wahrnehmung eines Attributs liegt, ist die Intensität nicht entscheidend für die Ergebnisse. Zusätzlich stellt es eine Herausforderung für den Panellisten dar gleichzeitig auf die Dominanz und die Intensität zu achten. Aus diesem Grund werden in einigen Studien anstelle von Intensitätsskalen, nur Schaltflächen für die Dominanzen verwendet [DI MONACO et al., 2014].

Insgesamt hat die Analyse der Temporal Dominance of Sensations im Vergleich zur TI den Vorteil mehrere Attribute auf einmal zu untersuchen und dadurch einen deutlich geringeren Zeitaufwand. Die Methode liefert Informationen über die Abfolge der dominanten sensorischen Wahrnehmungen und ihre qualitativen Veränderungen. Ein entscheidender Vorteil ist weiterhin die Möglichkeit Interaktionen zwischen den einzelnen Attributen miterfassen zu können. Es ist jedoch zu beachten, dass TDS kein vollständiges Zeit-Intensitäts-Profil eines Attributs liefert. Aufgrund der zusätzlichen Begrenzung auf maximal 10 Attribute ist eine Kombination mit weiteren deskriptiven Analysemethoden nötig, um ein vollständiges Profil eines Produktes zu erreichen [PINEAU et al., 2009].

3 Material und Methoden

3.1 Materialien

3.1.1 Grüner und schwarzer Tee mit Würfelzucker und Stevia-Tabs

Zur Datensammlung wurden verschiedene Teesorten, Stevia und Zucker gewählt, in Transparenz zur Abschlussarbeit von Wegmayr (2013). Sie evaluierte für die Süßkraft die äquivalente Menge an Stevia-Tabs im Vergleich zu Würfelzucker in Grün- und Schwarztee. Für die Ermittlung wählte sie eine Just-About-Right (JAR) Skala und eine QDA mit dem Resultat, dass zwei Stevia-Tabs in etwa zwei Stück Würfelzucker entsprechen. Ausgehend von diesen Ergebnissen wurde in der vorliegenden Arbeit grüner und schwarzer Tee mit zwei Stück Würfelzucker beziehungsweise zwei Stevia-Tabs gesüßt. Die Verwendung derselben Sorten bezüglich Tee, Zucker und Stevia war entscheidend, um mögliche Abweichungen weitestgehend auszuschließen. Eine detaillierte Beschreibung der Materialien ist Tabelle 3 zu entnehmen.

Tabelle 1: Verwendete Materialien und ihre Spezifikationen (Einkaufszeitraum: Mai bis September 2014)

Produkt	Hersteller	Zusammensetzung laut Herstellerangaben
Grüner Tee	Teekanne (Tee Fix)	Füllgewicht: 1,75 g pro Teebeutel 200 ml zubereiteten Tees enthalten: 4 kcal, 190 mg Polyphenole
Schwarzer Tee	Teekanne (Tee Fix)	Füllgewicht: 1,75 g pro Teebeutel 200 ml zubereiteten Tees enthalten: 2 kcal, 160 mg Polyphenole
Würfelzucker	Wiener Zucker	Gewicht: 4 g pro Würfelzucker 100 g enthalten 400 kcal
Tabs aus Steviolglycosiden der Steviapflanze	Govinda Natur GmbH	Gewicht: circa 0,06 g pro Stevia-Tab 100 g enthalten 79 kcal Natriumhydrogencarbonat, Steviolglycoside > 95 % (davon 97 % Rebaudiosid A), Mononatriumcitrat, L-Leucin

Die Steviolglycoside der gewählten Stevia-Tabs bestehen zu 97 % aus Rebaudiosid A. Wie bereits in Kapitel 2.3.2 beschrieben, führen höhere Konzentrationen von Rebiana zur Ausbildung von einem Off-Flavour, der durch eine Mischung mit Saccharose

kompensiert werden kann. Der Anteil von Rebaudiosid A sollte für diesen Zweck etwa 20-80 % ausmachen [PRAKASH et al., 2008]. Aus diesem Grund wurde für die Verkostung der Grün- und Schwarztees eine dritte Süßungsvariante mit einem Stück Würfelzucker und einem Stevia-Tab gemeinsam gewählt, um im genannten Mischungsverhältnis zu liegen und den daraus entstehenden sensorischen Veränderungen nachzugehen.

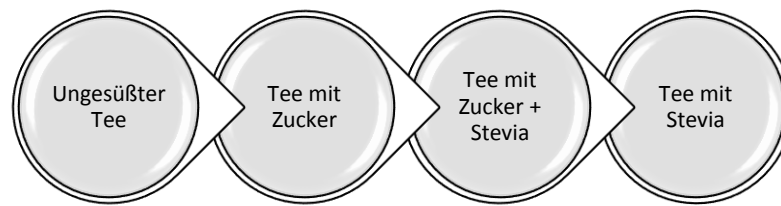
3.1.2 Aufbereitung der Proben

Die Zubereitung des Grün- und Schwarztees erfolgte nach der Empfehlung des Herstellers. Ein Teebeutel wurde mit 200 ml frischem, kochendem Leitungswasser übergossen und für drei Minuten ziehen gelassen. Für jede Messeinheit wurden jeweils vier Teeproben hergestellt:

- A: Tee ohne Zusätze
- B: Tee mit zwei Stück Würfelzucker (Anteil von 4 % Saccharose)
- C: Tee mit einem Stück Würfelzucker und einem Stevia-Tab (Anteil von 2 % Saccharose und 0,03 % Rebaudiosid A)
- D: Tee mit zwei Stevia-Tabs (Anteil von 0,06 % Rebaudiosid A)

Zum Ausschluss möglicher Beeinflussungen wurden grüner und schwarzer Tee nie am gleichen Tag getestet. Für die Verkostungen wurde jeweils eine größere Menge mit der Einberechnung von etwa 70 ml Teeprobe pro Panellist hergestellt. Die Serviertemperatur der Tees betrug zwischen 60 bis 70° Celsius. Die Teetassen wurden auf vorher aufgeheizte Wärmeplatten gestellt und mit Aluminiumfolie abgedeckt, um ein zu schnelles Abkühlen zu verhindern.

Die Proben waren mit einem zufälligen, dreistelligen Zahlencode versehen, damit Verwechslungen ausgeschlossen werden konnten. Da Steviolglycoside einen langanhaltenden Eigengeschmack besitzen und dadurch die nachfolgenden Proben verfälschen könnten, musste auf eine aufbauende Reihenfolge (mit Stevia gesüßter Tee zum Abschluss) und Spülpausen geachtet werden:



Die Prüfungen fanden im Sensoriklabor des Instituts für Ernährungswissenschaften der Universität Wien statt (Althanstraße 14, 1090 Wien). Dieses ist mit zehn nummerierten Prüfkabinen ausgestattet, die jeweils durch neutrale weißgraue Trennwände begrenzt sind. Jede Kabine besitzt ein Waschbecken sowie einen Computer für die Messungen und wurde bei den Prüfungen durch Tageslichtleuchten erhellt. Eine Probenmaskierung war nicht nötig, da sich die einzelnen Teeproben (Grün- oder Schwarztee) optisch nicht unterschieden. Den Panellisten wurden vier Esslöffel zur Verfügung gestellt, um eine einheitliche und ausreichende Probenentnahme zu gewährleisten (circa 10 ml Tee).

Zur Durchführung und Bewertung aller Methoden wurde die Sensoriksoftware FIZZ (Version 2.47B, BIOSYSTÈMES, Couternon, Frankreich) eingesetzt. Mithilfe des Programms konnten die Panellisten die jeweiligen Aufgaben an den Computern in den Kabinen absolvieren. Die gewonnenen Ergebnisse wurden im Anschluss mit der FIZZ-Software ausgewertet.

3.1.3 Zusammenstellung des deskriptiven Panels

Bei der Zusammenstellung des deskriptiven Panels wurden Verbraucher von Grün- und Schwarztee mit fundierten sensorischen Kenntnissen gesucht. Für die Quantitative Deskriptive Analyse fanden sich zwölf Panellisten. Sie setzten sich aus Studenten der Ernährungswissenschaften zusammen, die im Laufe des Studiums bei sensorischen Übungen positiv auffielen und mit den wesentlichen sensorischen Analysen vertraut waren. Für die Bewertungen wurden sie darum gebeten eine Stunde vorher möglichst nichts mehr zu essen und auf Getränke außer Wasser zu verzichten, um mögliche Interaktionen mit den Proben und Beeinflussung der sensorischen Wahrnehmung zu minimieren. Alle zwölf Prüfpersonen nahmen an der QDA für Schwarztee teil. Für die QDA von Grüntee standen zehn Panellisten zur Verfügung.

Die dynamischen Methoden TI und TDS verlangen ein erhöhtes Ausmaß an Zeit und sensorischen Kenntnissen. Für die Durchführung galt es die Panellisten vorab zu schulen, um ein exaktes Erlernen und Üben der Prüfverfahren zu gewährleisten. Da die Prüfpersonen durch die QDA bereits vertraut mit den Teeproben und ihren Attributen waren, wurde das Panel für die weiteren Versuche aus diesen Probanden zusammengestellt. Insgesamt nahmen neun der Panellisten an der ergänzenden Schulung teil.

3.2 Methoden

3.2.1 Quantitative Deskriptive Analyse

3.2.1.1 Erstellen einer Attributliste

Wie bereits erwähnt, wurde die Quantitative Deskriptive Analyse (QDA) als statische Methode gewählt. Der erste Schritt der QDA ist eine qualitative Beschreibung der Produktattribute, die anschließend vom Panel quantitativ evaluiert werden.

Beim Erstellen der Attributliste wurden Merkmale gesucht, die die Charakteristika der Tees und Süßungsmittel so präzise wie möglich beschreiben. Ausgehend von der vorhandenen Literatur wurde eine Auswahl von Attributen bei einer Vorverkostung bestätigt und ergänzt [CHATURVEDULA und PRAKASH, 2011; LEE und CHAMBERS, 2007; PRAKASH et al., 2008; SAß, 2010; SENANAYAKE, 2013].

Die ausgewählten Merkmale und ihre Definitionen sind Tabelle 4 zu entnehmen. Sie sind ident für grünen und schwarzen Tee. Lediglich die Attribute *grün* und *umami* beschränken sich auf grünen beziehungsweise die Attribute *Schwarztee flavour* und *fermentiert* auf schwarzen Tee.

Tabelle 2: Attributliste für eine Quantitative Deskriptive Analyse von Grün- und Schwarztee, ungesüßt bzw. mit Zucker und/oder Stevia-Tabs [CHATURVEDULA und PRAKASH, 2011; LEE und CHAMBERS, 2007; PRAKASH et al., 2008; SAß, 2010; SENANAYAKE, 2013]

Deutsch		Englisch	
Attribut	Definition	Attribute	Definition
GRUNDGESCHMACK		FUNDAMENTAL TASTE	
<i>Natürliche Süße</i>	Grundgeschmack assoziiert mit Saccharose-Lösungen	<i>Natural sweetness</i>	Fundamental taste sensation elicited by sugars

	(nicht wahrnehmbar bis stark wahrnehmbar)		
<i>Bitter</i>	Grundgeschmack assoziiert mit Koffein-Lösungen (nicht wahrnehmbar bis stark wahrnehmbar)	<i>Bitter</i>	A basic taste factor for which caffeine solved in water is typical
<i>Umami</i>	Grundgeschmack assoziiert mit Mononatriumglutamat-Lösungen (nicht wahrnehmbar bis stark wahrnehmbar)	<i>Umami</i>	The basic taste associated with monosodium glutamate
FLAVOUR		FLAVOUR	
<i>Metallisch</i>	Flavour assoziiert mit einer wässrigen Eisensulfat-Lösung (nicht wahrnehmbar bis stark wahrnehmbar)	<i>Metallic</i>	Aromatics associated with tin cans or aluminium foil
<i>Künstliche Süße</i>	Flavour assoziiert mit Süßstoffen, Süße von Light-Getränken (nicht wahrnehmbar bis stark wahrnehmbar)	<i>Artificial Sweetness</i>	Aromatics associated with sweeteners, sweetness of diet beverages
<i>Lakritzartig</i>	Flavour assoziiert mit Lakritze oder Anis-Bonbons (nicht wahrnehmbar bis stark wahrnehmbar)	<i>Liquorice-like</i>	Aromatics associated with liquorice or anis
<i>Grün/grasig</i>	Flavour assoziiert mit grünen Pflanzen/pflanzlichem Material (nicht wahrnehmbar bis stark wahrnehmbar)	<i>Green</i>	Aromatics associated with green plants/vegetable material
<i>Schwarztee flavour</i>	Flavour assoziiert mit Schwarztee (nicht wahrnehmbar bis stark wahrnehmbar)	<i>Blacktea-flavour</i>	Aromatics associated with black tea
<i>Fermentiert</i>	Flavour assoziiert mit fermentierten Früchten oder Getreide; süßlich,	<i>Fermented</i>	Yeasty notes that are associated with fermented fruits or

	säuerlich, leicht gebräunt, überreif (nicht wahrnehmbar bis stark wahrnehmbar)		grains that may be sweet, sour, slightly brown and overripe
MUNDGEFÜHL		MOUTHFEEL	
<i>Adstringenz</i>	Zusammenziehender Geschmackseindruck auf der Oberfläche u./od. Seiten von Zunge und Mund; Rotwein, Schwarztee (nicht adstringierend bis sehr adstringierend)	<i>Astringency</i>	The drying, puckering sensation on the tongue and other mouth surfaces
NACHGESCHMACK		AFTERTASTE	
<i>Natürliche Süße</i>	Anhalten des mit Saccharose assoziierten, süßen Geschmacks eine Minute nach dem Schlucken (nicht wahrnehmbar bis stark wahrnehmbar)	<i>Natural sweetness</i>	Lingering sweetness elicited by sugars one minute after swallowing
<i>Künstliche Süße</i>	Anhalten des mit künstlicher Süße assoziierten Geschmacks eine Minute nach dem Schlucken (nicht wahrnehmbar bis stark wahrnehmbar)	<i>Artificial sweetness</i>	Lingering artificial sweetness one minute after swallowing
<i>Bitterkeit</i>	Anhalten des bitteren Geschmacks eine Minute nach dem Schlucken (nicht wahrnehmbar bis stark wahrnehmbar)	<i>Bitterness</i>	Lingering bitterness one minute after swallowing

3.2.1.2 Quantitative Bewertung der Attribute

Für die quantitative Beschreibung der gewählten Attribute lag in jeder Kabine eine Attributliste mit Definitionen vor. Zunächst wurden die Merkmale und der genaue Ablauf der Messung mit den Prüfpersonen besprochen. Sie wurden außerdem darauf aufmerksam gemacht die Teeproben vor jeder Verkostung mit einem Esslöffel umzurühren, um eine

gleichmäßige Verteilung der Süßungsmittel zu garantieren. Im Anschluss an die Einführung wurden die Teeproben serviert und die Panellisten beurteilten die Intensität der Merkmale mit Hilfe des Computerprogramms auf einer Skala von 0 bis 10 (siehe Abbildung 14).

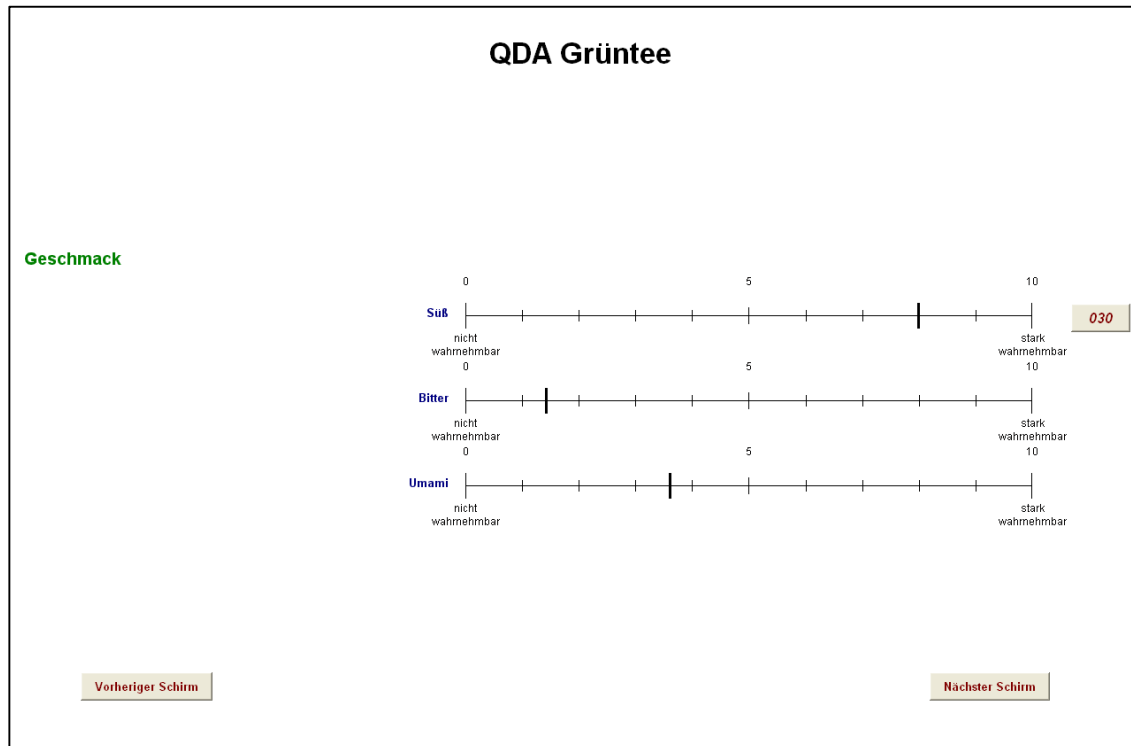


Abbildung 14: Anzeige-Beispiel bei der Durchführung der QDA mit Hilfe von FIZZ, Version 2.47B

Da Steviolglycoside ihr Intensitätsmaximum in wässriger Lösung bei Young und Wilkens (2007b) erst nach etwa 20 Sekunden beziehungsweise bei Rech (2012) nach 40 Sekunden erreichten, wurde den Panellisten nahe gelegt den Tee vor dem Schlucken länger im Mund zu behalten. Sie wurden weiterhin dazu angehalten zwischen den Teeproben den Mund mit Leitungswasser und Matzen (Marke: P. Heumann's) zu neutralisieren. Matzen sind eine Sorte Flachbrot auf Basis von Weizenmehl und Wasser, ohne jegliche Zusätze wie zum Beispiel Salz oder Zucker. Dadurch eignen sie sich gut zum Neutralisieren von sensorischen Wahrnehmungen bei Verkostungen. Mithilfe des Computerprogramms konnte jeweils eine zweiminütige Pause zwischen den Proben A bis C für die erneute Sensibilisierung der Geschmacksknospen gewährleistet werden. Zwei Minuten wurden bei einer Vorverkostung als ausreichend angesehen. Da Probe C eine Mischung aus Zucker und Stevia enthielt und Stevia einen länger anhaltenden Nachgeschmack besitzt, wurde zwischen den Proben C und D eine Pause von drei Minuten eingestellt. Nach dem

letzten Tee mit reinen Stevia-Tabs erübrigte sich eine Pause, da das Versuchsende erreicht war. Die QDA wurde für beide Teesorten jeweils drei Stunden später in einem zweiten Durchlauf wiederholt, um die statistische Aussagekraft zu erhöhen.

3.2.1.3 Auswertung

Die Auswertung erfolgte mit Hilfe der FIZZ-Sensoriksoftware. Zunächst wurden Produktprofile der Proben in Form von Spider-Webs erstellt. Pro Attribut wurden hierfür die Mittelwerte aller Panellisten und Wiederholungen verwendet. Für den Grüntee ergaben sich 20 und für den Schwarztee 24 Werte. Anschließend wurde mittels des FIZZ-Programms eine statistische Untersuchung auf Normalverteilung und Unterschiede zwischen den Proben (multipler Paarvergleich) durchgeführt. Für diesen Zweck wurde ein Alphaniveau von 5 % gewählt. Zur Vermeidung einer Alphafehler-Kumulierung während des multiplen Paarvergleichs, wurde eine Bonferroni-Korrektur vorgenommen (korrigiertes Signifikanzniveau = 0,0001). Zusätzliche deskriptive Graphen wurden mittels SPSS (IBM SPSS Statistics Version 20) erstellt.

3.2.2 Time Intensity Analyse

3.2.2.1 Schulung der Prüfpersonen

Vor der Durchführung der dynamischen Prüfmethode TI und TDS durchliefen neun der Panellisten eine zusätzliche Schulung mit Pausen zwischen den einzelnen Einheiten. Zunächst erfolgte eine vertiefende Auseinandersetzung mit den zu untersuchenden Produkteigenschaften anhand von Referenzproben. Dadurch sollte eine einheitliche Verwendung durch alle Prüfer gewährleistet werden. Für die dynamische Bewertung lag der Fokus auf folgenden vier Attributen:

- *natürliche Süße*
- *künstliche Süße*
- *Bitterkeit*
- *Adstringenz*

Es wurden insgesamt sechs Referenzproben bereitgestellt. Vier dieser Proben verdeutlichten die gewählten Attribute. Die letzten zwei Probengefäße wurden zum einen mit Coca-Cola und zum anderen mit Coca-Cola light gefüllt, um ein Beispiel für Produkte mit Zucker beziehungsweise Zuckerersatz durch Süßstoffe zu geben. Eine genaue Auflistung und Beschreibung der Verkostungsproben ist Tabelle 5 zu entnehmen.

Tabelle 3: Eingesetzte Referenzproben bei der Schulung der Prüfpersonen für TI und TDS

Probe 1 (natürliche Süße)	3 Stück Würfelzucker / 200 ml Leitungswasser (c = 60 g/L → 6%ige Zuckerlösung)
Probe 2 (künstliche Süße)	3 Stevia-Tabs / 200 ml Leitungswasser (c = 0,9 g/L → 0,09%ige Steviolösung)
Probe 3 (Bitterkeit)	0,32 g Koffein (wasserfrei) / 200 ml Leitungswasser (c = 1,6 g/L → 0,16%ige Koffeinelösung)
Probe 4 (Adstringenz)	Schwarztee-Probe nach einer Ziehzeit von 20 Minuten
Probe 5 (Produktbeispiel mit Zucker)	Coca-Cola (10,6 g Zucker / 100 ml)
Probe 6 (Produktbeispiel mit Süßungsmittel)	Coca-Cola light (0 g Zucker, Süßungsmittel: Aspartam, Acesulfam K)

Der zweite Schritt der Schulung galt dem Erlernen und Üben der Prüfverfahren durch die Probanden. Die Methoden TI und TDS wurden zunächst erklärt und mithilfe des FIZZ-Programms vorgeführt. Das Zeit-Intensitäts-Verfahren war den Prüfpersonen bereits bekannt und musste lediglich aufgefrischt werden. TDS hingegen war ihnen vollkommen neu und bedurfte einer intensiveren Erläuterung.

Im Anschluss darauf erfolgten zwei Übungsdurchläufe, in denen die Panellisten jeweils vier Schwarzteeeproben (gleiche Zusammensetzung wie zuvor) serviert bekamen. Im ersten Durchlauf führten die Probanden eine TI-Analyse und im zweiten eine TDS-Analyse der Proben durch. Auf diese Weise konnte der Umgang mit den Verfahren und dem Computerprogramm geübt werden. An den eigentlichen Prüfungstagen gab es zuvor eine kurze Wiederholung der jeweiligen Methode mit Vorführung am FIZZ-Programm.

3.2.2.2 Durchführung der TI-Analyse

Bei der Durchführung des Zeit-Intensitätstests nahmen neun Panellisten teil. Wie zuvor bei der QDA wurde grüner und schwarzer Tee an zwei unterschiedlichen Tagen in jeweils zwei Einheiten (und einer Pause von drei Stunden dazwischen) verkostet. Abbildung 15 zeigt ein Beispiel für die Anzeige des FIZZ-Programms bei der Durchführung von TI.

Die Panellisten sollten gleichzeitig 10 ml Tee in den Mund nehmen und auf die Skala am linken Ende klicken („nicht wahrnehmbar“), um die Messung zu starten. Sie waren dazu angehalten, die Teeprobe zunächst nicht zu schlucken. Ein kontinuierliches Umwälzen mit der Zunge sollte eine gleichmäßige Verteilung des Tees auf den Geschmacksknospen gewährleisten. Zur Beschreibung der Intensität der einzelnen Attribute, wurde der Cursor entlang der Skala von „nicht wahrnehmbar“ bis „stark wahrnehmbar“ verschoben.

Zeit-Intensitäts-Test (TI)

Künstliche Süße

nicht wahrnehmbar

03:00

stark wahrnehmbar

385

Hilfestellung:

- Zum Zeitpunkt "Null" klicken Sie auf die Skala am linken Ende ("nicht wahrnehmbar") UND PARALLEL...
- nehmen Sie etwa 10mL (= 1 Esslöffel) Tee in den Mund (die Messung ist gestartet).
- Wälzen Sie den Tee mit der Zunge um (nicht schlucken).
- Verschieben Sie den Cursor entlang der Skala von "nicht wahrnehmbar" bis "stark wahrnehmbar", um die Intensität zu beschreiben.
- Nach 60 Sekunden schlucken Sie bitte den Tee und setzen die Beschreibung der wahrgenommenen Intensität fort (max. 180 Sekunden).

Die Messung ist gestoppt, wenn Sie das linke Ende der Skala wieder erreicht haben.

Nächster Schirm

Abbildung 15: Anzeige-Beispiel bei der Durchführung des Zeit-Intensitäts-Tests mit Hilfe von FIZZ, Version 2.47B

Aufgrund der unterschiedlichen Ergebnisse von Young und Wilkens (2007b) im Gegensatz zu Rech (2012) konnte keine Vorhersage für das Intensitätsmaximum bezüglich der Rebaudiosid A-Konzentration gemacht werden. Zusätzlich stellt Tee ein komplexes Medium dar, in dem zahlreiche Interaktionen zwischen den Inhaltsstoffen möglich sind. Auf Basis dieses Vorwissens wurden die Panellisten darum gebeten, den Tee erst nach einer Minute zu schlucken. Nach dem Schlucken wurde die Beschreibung der wahrgenommenen Attribut-Intensität fortgesetzt. Aufgrund des langanhaltenden Geschmackseindrucks von Stevia wurde entsprechend der Studie von Young und Wilkens (2007b) eine maximale Dauer von drei Minuten gewählt. Nach Ablauf der Zeit oder nach erneutem Erreichen des linken Skalen-Endes, wurde die Messung gestoppt. Zwischen den jeweiligen Attributen gab es eine Pause von 30 Sekunden und zwischen

den einzelnen Proben je eine von zwei Minuten. Die Prüfpersonen wurden dazu angehalten in dieser Zeit den Mund mit Wasser und Matzen zu neutralisieren.

3.2.2.3 Auswertung

Aus den gewonnenen Daten wurde jeweils eine TI-Kurve für die einzelnen Attribute der Teeproben erstellt (FIZZ-Sensoriksoftware). Die x-Achse der Kurve repräsentiert den Zeitverlauf in Sekunden und die y-Achse die entsprechende Intensität des Attributs. In der vorliegenden Arbeit wurden die maximalen Intensitäten (I_{MAX}) der TI-Kurven für die weitere statistische Auswertung verwendet (SPSS). Die Analyse lieferte außerdem Werte für die Gesamt-Flächen unter den Kurven (AUC). Diese wurden jedoch nicht in die statistische Beurteilung einbezogen, da laut Di Monaco et al. (2014) auf diese Weise der temporäre Aspekt der Daten verloren geht.

Für Grün- und Schwarztee standen jeweils 18 Bewertungen der I_{MAX} zur Verfügung. Die Daten wurden auf Normalverteilung und Mittelwertunterschiede zwischen den Proben überprüft. Für diesen Zweck wurden erneut ein Alphaniveau von 5 % und eine Bonferroni-Korrektur beim multiplen Paarvergleich (korrigiertes Signifikanzniveau = 0,003) gewählt.

3.2.3 Temporal Dominance of Sensations

3.2.3.1 Durchführung der TDS-Analyse

Die TDS-Analyse führten acht Panellisten durch. Insgesamt gab es erneut zwei getrennte Versuchstage für schwarzen und grünen Tee zu jeweils zwei Einheiten. Abbildung 16 verdeutlicht ein Beispiel für die Anzeige bei der TDS-Analyse. Nach den Empfehlungen von Pineu et al. (2012) wurde für jede Prüfpersonen eine unterschiedliche Reihenfolge der Attribute festgelegt und für alle Durchläufe konstant beibehalten.

Temporal Dominance of Sensations (TDS)

Nehmen Sie einen Schluck (10mL) der Probe und klicken gleichzeitig auf Start.
Beginnen Sie mit der Beurteilung!

Künstliche Süße

Natürliche Süße

Bitterkeit

Adstringenz

nicht wahrnehmbar
stark wahrnehmbar

nicht wahrnehmbar
stark wahrnehmbar

nicht wahrnehmbar
stark wahrnehmbar

nicht wahrnehmbar
stark wahrnehmbar

START

03:00

893

Nächster Schirm

Abbildung 16: Anzeige-Beispiel bei der Durchführung der TDS-Analyse mit Hilfe von FIZZ, Version 2.47B

Zum Zeitpunkt 0 nahmen die Panellisten 10 ml Probe in den Mund und klickten auf den Start-Button. Die Probe wurde zunächst nicht geschluckt und mit einem kontinuierlichen Umwälzen der Zunge gleichmäßig verteilt. Sobald ein Attribut als dominant wahrgenommen wurde, klickten die Probanden auf die entsprechende Skala und beurteilten dabei die Intensität („nicht wahrnehmbar“ bis „stark wahrnehmbar“). Bei Veränderung der Intensität des dominanten Attributs, sollte durch erneutes Klicken auf der jeweiligen Skala die Intensität angepasst werden. Im Gegensatz zum Zeit-Intensitätstest lag der Fokus jedoch auf der Dominanz und nicht auf der Intensität. Sobald ein anderes Attribut als dominant empfunden wurde, beurteilte der Panellist dieses durch Klicken in analoger Weise. Der Zeitpunkt für das Schlucken der Probe nach einer Minute wurde für die TDS-Analyse beibehalten. Anschließend setzten die Panellisten die Beurteilung der Attribute bis zum Ablauf der Zeit (nach insgesamt drei Minuten) fort. Zusätzlich war es möglich die Messung bei Ausbleiben einer Wahrnehmung durch das drücken eines Stopp-Buttons vorzeitig zu beenden.

Die Probanden wurden auf die Möglichkeit hingewiesen, dass Attribute auch nicht oder mehrfach als dominant wahrgenommen werden können. Für das mehrfache Bewerten sollte die Skala des entsprechenden Attributs nochmals verwendet werden. Zwischen den

einzelnen Teeproben war jeweils eine zweiminütige Pause zum Neutralisieren des Mundes mit Wasser und Matzen eingestellt.

3.2.3.2 Auswertung

Aus den gewonnenen Daten wurden jeweils die TDS-Kurve und der TDS-Score für die einzelnen Attribute der Teeproben erstellt (FIZZ-Sensoriksoftware). Die x-Achse der TDS-Kurven repräsentiert den Zeitverlauf in Sekunden und die y-Achse die Dominanzrate (DR). Die DR gibt die prozentuale Auswahl eines Attributs zum jeweiligen Zeitpunkt als dominant an. Die Berechnung erfolgt durch das Dividieren der Häufigkeit der Auswahl als „dominantes Attribut“ durch die Anzahl aller Bewertungen (inklusive aller Panellisten und Wiederholungen). Je höher diese Rate ist, desto höher ist die Übereinstimmung unter den Panellisten [PINEAU et al., 2009]. Bewerten beispielsweise acht von zehn Panellisten das Attribut *Bitterkeit* zu einem Zeitpunkt als dominant, ergibt sich folgende Berechnung:

$$DR = 8/10 = 0,8 = 80 \%$$

Dieses Ergebnis bedeutet eine Übereinstimmung von 80 % des Panels darüber, dass in dieser Sekunde die *Bitterkeit* als dominantes Attribut wahrgenommen wird.

Der TDS-Score gibt wiederum die mittlere Intensität der einzelnen Produktmerkmale an und wird wie folgt berechnet [Ng et al., 2012]:

$$\text{Score} = (\sum \text{Intensität} \times \text{Dauer}) / \sum \text{Dauer}$$

Wird beispielsweise das Attribut *Bitterkeit* insgesamt dreimal als dominant bewertet (7 Sekunden lang mit der Intensität von 8; 10 Sekunden lang mit der Intensität von 7; 5 Sekunden lang mit der Intensität von 6), ergibt sich folgender Rechenweg:

$$\text{Score} = [(8 \times 7 \text{ s}) + (7 \times 10 \text{ s}) + (6 \times 5 \text{ s})] / (7 \text{ s} + 10 \text{ s} + 5 \text{ s}) = 7,1$$

Die Berechnung ergibt einen TDS-Score von 7,1. Das bedeutet die *Bitterkeit* weist eine mittlere Intensität von 7,1 auf.

Die statistische Auswertung erfolgte in der vorliegenden Arbeit für die Score-Werte der Attribute (SPSS). Es standen jeweils 16 Beurteilungen für Grün- und Schwarztee zur Verfügung, die auf Normalverteilung und Mittelwertunterschiede zwischen den Proben

untersucht wurden. Für diesen Zweck wurden erneut ein Alphaniveau von 5 % und eine Bonferroni-Korrektur beim multiplen Paarvergleich (korrigiertes Signifikanzniveau = 0,003) gewählt.

4 Ergebnisse

4.1 Quantitative Deskriptive Analyse

4.1.1 Statistische Auswertung der Teeproben

Grüntee:

Zu Beginn der statistischen Auswertung wurde der Shapiro-Wilk-Test eingesetzt, um die Daten auf eine Normalverteilung zu untersuchen. Die Methode weist auch bei kleinen Stichproben eine hohe Teststärke auf. Der Datensatz für die Grünteeproben stellte sich größtenteils als nicht normalverteilt heraus. Folglich wurde der Kruskal-Wallis- und Mann-Whitney-U-Test zur Überprüfung auf Unterschiede der mittleren Attributintensitäten zwischen den Proben angewandt. Der Kruskal-Wallis-Test ermittelt signifikante ($\alpha = 5\%$) Gesamtunterschiede zwischen Proben (mindestens eine Probe unterscheidet sich signifikant). Insgesamt zeigen alle Attribute bis auf *umami* signifikante Gesamtunterschiede in ihren Intensitätsmittelwerten. Aus dem Resultat ist jedoch nicht ersichtlich, welche oder wie viele der Proben sich unterscheiden. Aus diesem Grund wurden die Daten aller Proben paarweise mit dem Mann-Whitney-U-Test verglichen. Es handelt sich bei diesem Verfahren um einen multiplen Paarvergleich. Zur Vermeidung einer Alphafehler-Kumulierung, wurde eine Bonferroni-Korrektur durchgeführt. Die Ergebnisse bezüglich der Signifikanzen (korrigiertes α -Niveau = 0,0001) können Abbildung 17 entnommen werden.

Schwarztee:

Der Shapiro-Wilk-Test ergab für die Schwarzteeproben ebenfalls, dass keine Normalverteilung vorliegt. Aus diesem Grund wurden erneut der Kruskal-Wallis- und der Mann-Whitney-U-Test angewandt. Anhand der Ergebnisse des Kruskal-Wallis-Tests ist zu erkennen, dass alle Attribute bis auf *fermentiert* und *Adstringenz* signifikante ($\alpha = 5\%$) Gesamtunterschiede zwischen den Proben aufweisen. Das Resultat der paarweisen Mittelwertvergleiche durch den Mann-Whitney-U-Test (unter Einbeziehung der Bonferroni-Korrektur: $p < 0,0001$) ist Abbildung 22 zu entnehmen.

Zusätzlich wurden alle Mittelwerte der Grünteeproben mit den entsprechenden Werten der Schwarzteeproben paarweise verglichen (Mann-Whitney-U-Test). Es konnten keine signifikanten ($p < 0,0001$) Unterschiede festgestellt werden.

4.1.2 Produktprofil für Grüntee

Die Quantitative Deskriptive Analyse liefert ein umfassendes Produktprofil für die vier untersuchten Grünteeproben. Abbildung 17 veranschaulicht die Bewertungen in Form eines Spider Webs.

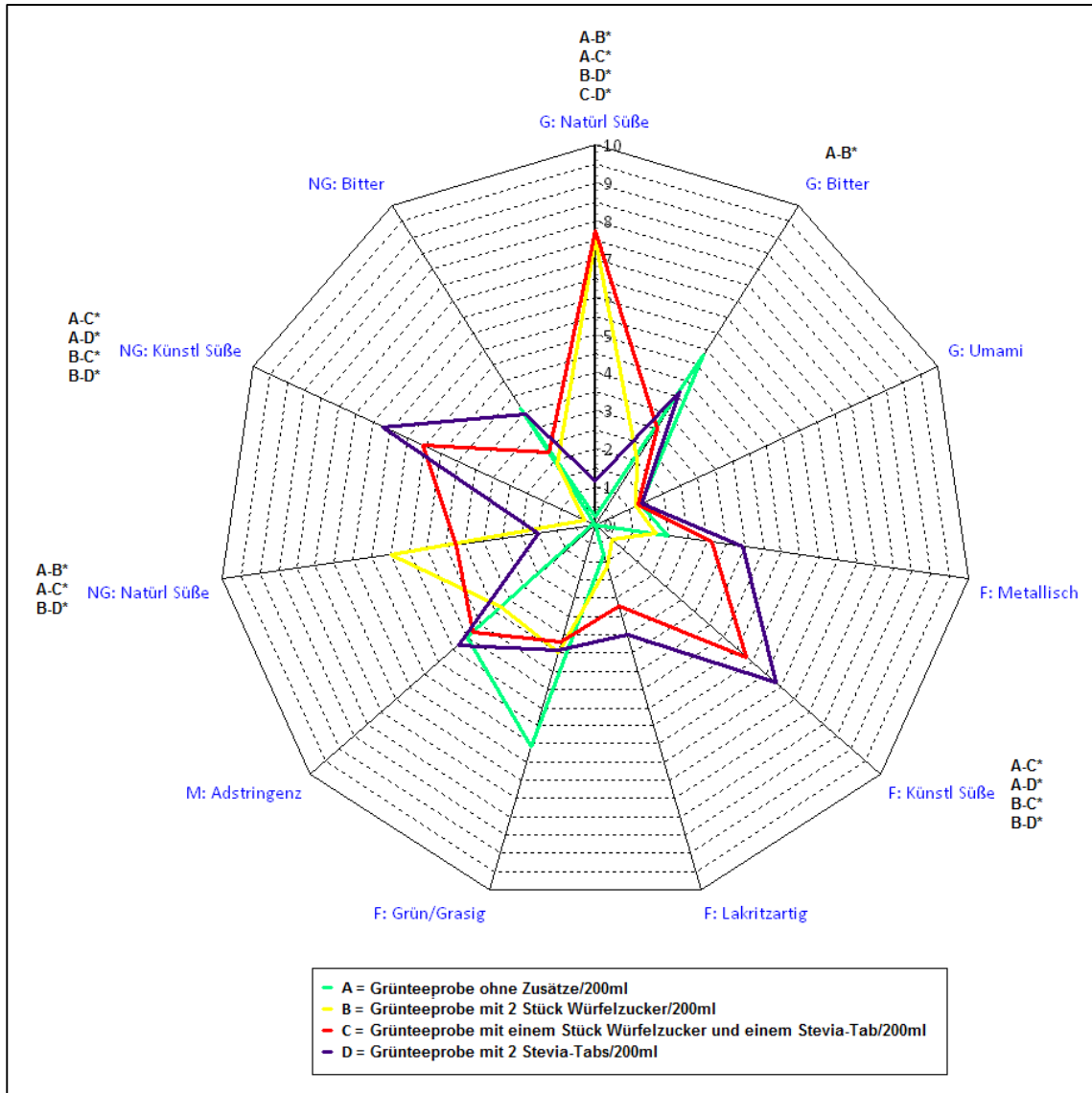


Abbildung 17: Sensorisches Profil der vier Grünteeproben in Form eines Spider Webs; G=Geschmack, F=Flavour, M=Mundgefühl, NG=Nachgeschmack; *=signifikante Unterschiede (korrigiertes α -Niveau = 0,0001)

Abhängig von der verwendeten Süßungsart resultieren die Proben in einem unterschiedlichen Produktprofil. Grüntee mit dem Zusatz von Stevia führt, im Vergleich zu ausschließlich mit Saccharose gesüßtem Tee, insbesondere zu höheren Intensitätsbewertungen der *Bitterkeit* und der Flavournoten *metallisch*, *künstliche Süße*

und *lakritzartig*. Im Folgenden soll an zusätzlichen Abbildungen die Bewertung der einzelnen Produktattribute veranschaulicht werden.

Geschmack:

Das Verhältnis der bewerteten Grundgeschmacksarten im Spider Web wird anhand von Abbildung 18 verdeutlicht.

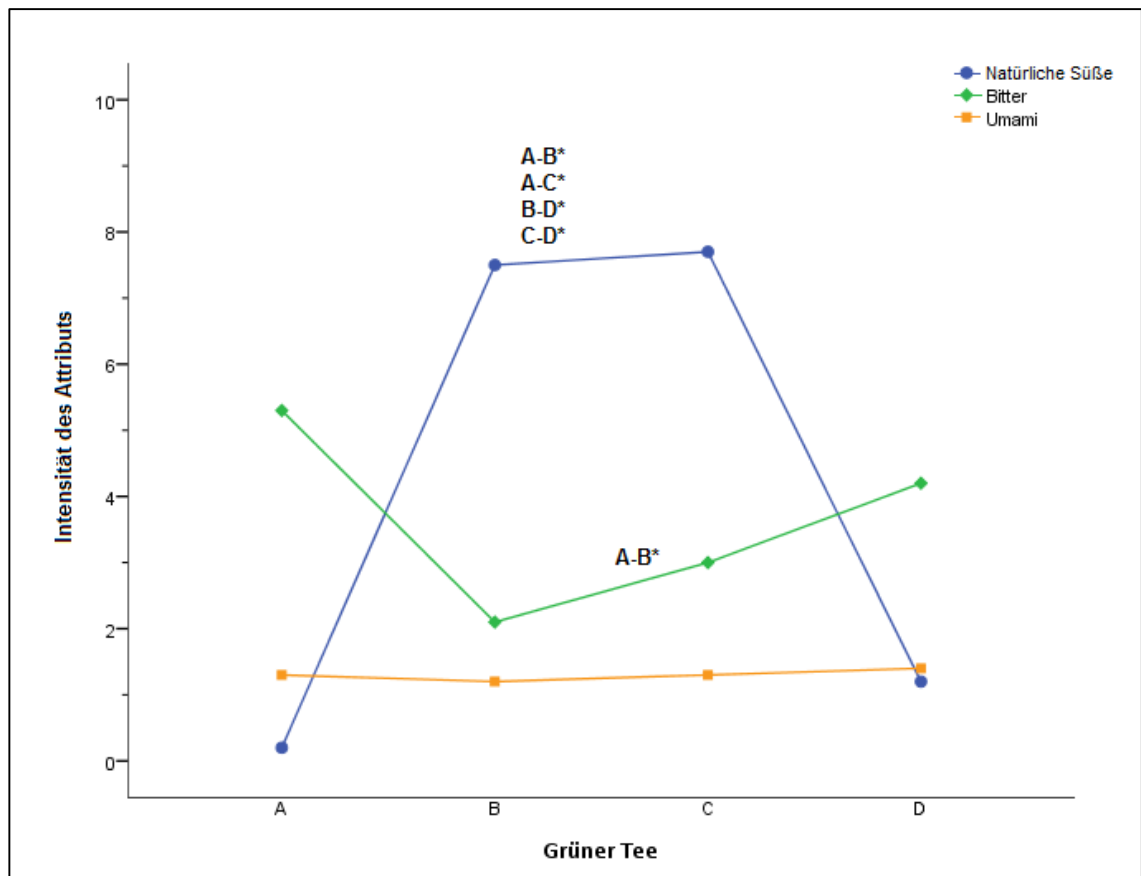


Abbildung 18: Geschmacksattribute der untersuchten Grünteeproben A-D; *=signifikante Unterschiede (korrigiertes α -Niveau = 0,0001)

Der Zusatz von Zucker in den Grünteeproben B (7,5 Pkt.) und C (7,7 Pkt.) führt zu einer signifikant ($p < 0,0001$) höheren Intensitätswahrnehmung der *natürlichen Süße* im Vergleich zu den Proben A (0,2 Pkt.) und D (1,2 Pkt.).

Der *bittere* Geschmack zeigt die höchste Intensität in der ungesüßten Probe A (5,3 Pkt.). Das Hinzufügen von zwei Stück Würfelzucker (Probe B) führt zu einer signifikant niedrigeren Intensität von 2,1 Punkten. Bei den Proben C (3,0 Pkt.) und D (4,2 Pkt.) kann ebenfalls ein Absinken der Intensität für den *bitteren* Geschmackseindruck beobachtet werden, wobei sich die Mittelwerte nicht signifikant von Probe A unterscheiden.

Die Intensität der Grundgeschmacksart *umami* ist bei allen Grünteeproben etwa gleich ausgeprägt und wurde mit 1,2 bis 1,4 Punkten bewertet.

Flavour:

Abbildung 19 fasst die Bewertung der Flavourattribute zusammen.

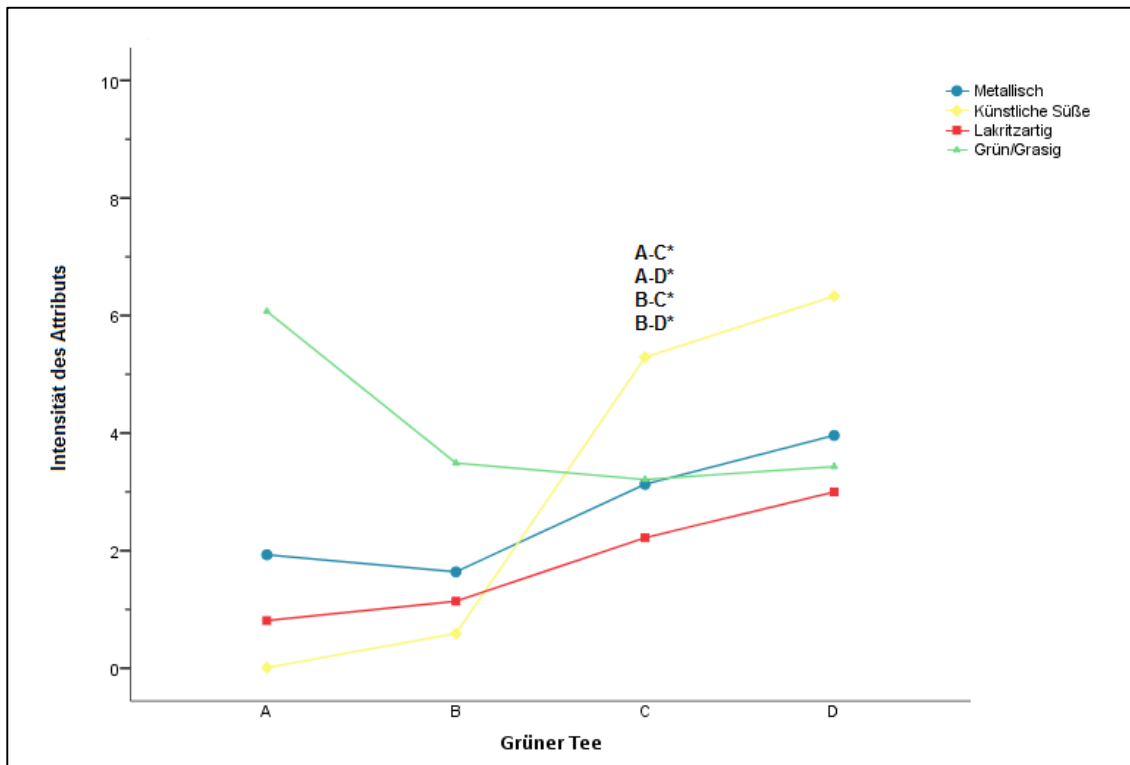


Abbildung 19: Flavourattribute der untersuchten Grünteeproben A-D; *=signifikante Unterschiede (korrigiertes α -Niveau = 0,0001)

Der *metallische* Flavour ist in den Proben A (1,9 Pkt.) und B (1,6 Pkt.) am geringsten ausgeprägt. Die Intensität des Attributs steigt in den Proben C (3,1 Pkt.) und D (4,0 Pkt.) proportional zur hinzugefügten Menge an Stevia. Die Unterschiede sind jedoch nicht signifikant.

Ein ähnliches Verhältnis der mittleren Intensitäten ist für die Attribute *künstliche Süße* und *lakritzartig* zu beobachten. Der *lakritzartige* Flavour zeigt die geringste Ausprägung für die Proben A (0,8 Pkt.) und B (1,1 Pkt.) und steigt in seiner Intensität in den Proben C (2,2 Pkt.) und D (3,0 Pkt.), wobei die Unterschiede erneut nicht signifikant ausfallen.

Die Betrachtung der *künstlichen Süße* zeigt in den Grünteeproben A (0,0 Pkt.) und B (0,6 Pkt.) keine beziehungsweise eine kaum wahrnehmbare Intensität. Diese lassen im

Vergleich zu den zwei Grünteeproben mit Stevia (C: 5,3 Pkt.; D: 6,3 Pkt.) einen signifikanten Unterschied der Intensitäten erkennen.

Der Flavoureindruck für *grün/grasig* sinkt in seiner Intensitätsbewertung nach dem Süßen des Grüntees (A: 6,1 Pkt.). Unabhängig von der Süßungsart resultieren die Proben B (3,5 Pkt.), C (3,2 Pkt.) und D (3,4 Pkt.) in einer ähnlichen Intensitätswahrnehmung. Der Vergleich mit der Probe A ist statistisch nicht signifikant.

Mundgefühl:

Die Ausprägung des *adstringierenden* Mundgefühls in den Grünteeproben kann Abbildung 20 entnommen werden.

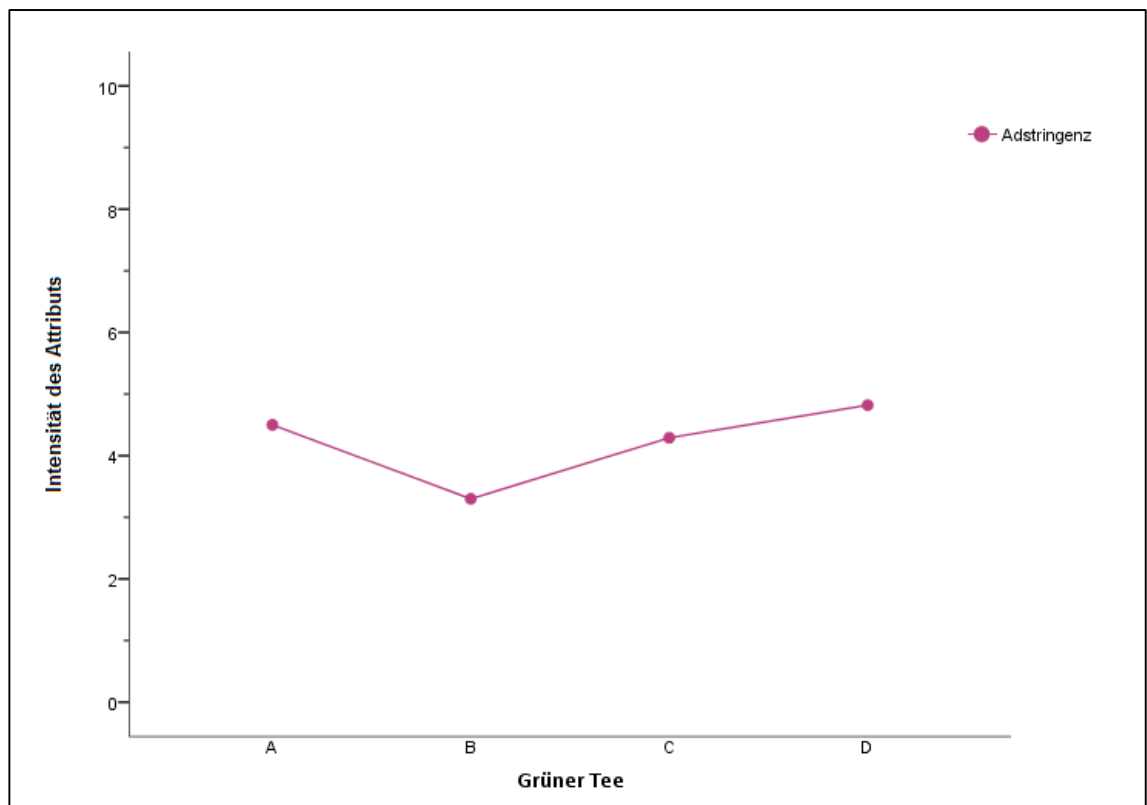


Abbildung 20: Attribut des Mundgefühls der untersuchten Grünteeproben A-D

Die *Adstringenz* zeigt keine signifikanten Intensitätsunterschiede zwischen den Proben. Die höchste Ausprägung für das Attribut weist Probe D auf (4,8 Pkt.), gefolgt von den Proben A (4,5 Pkt.) und C (4,3 Pkt.). Probe B wurde mit der geringsten Intensität (3,3 Pkt.) bewertet.

Nachgeschmack:

Die Attribute des Nachgeschmacks werden anhand Abbildung 21 beschrieben.

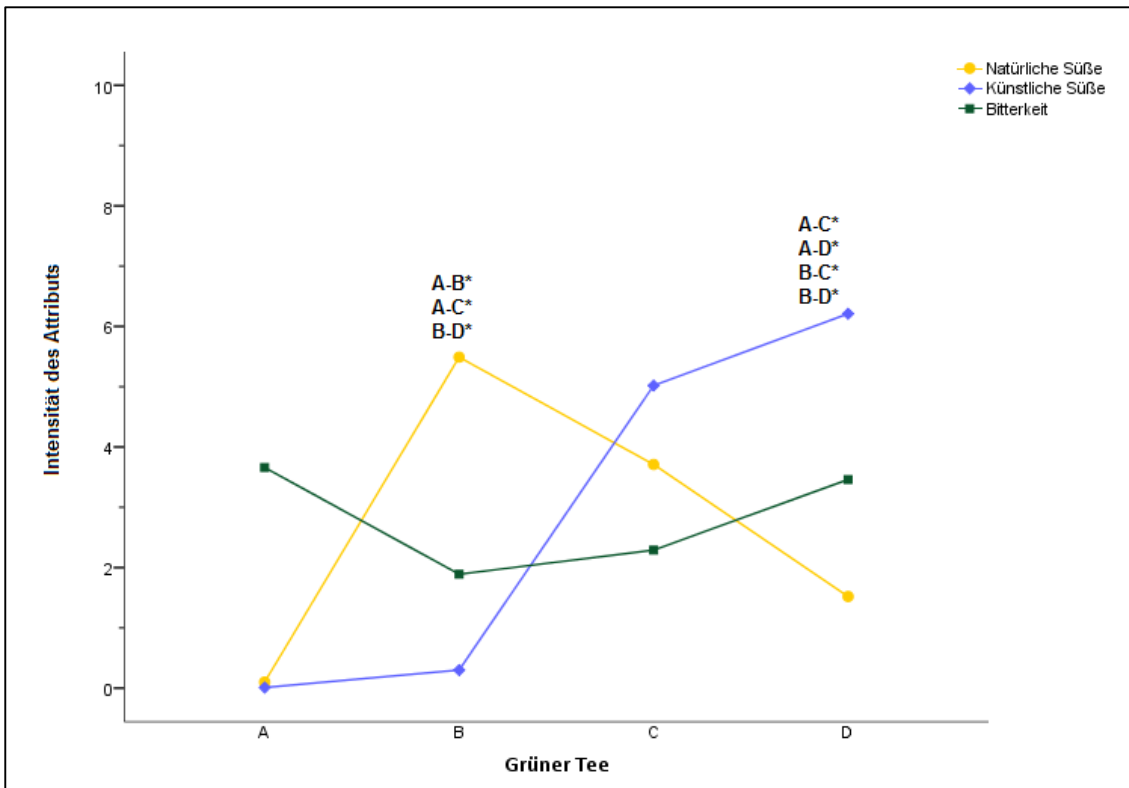


Abbildung 21: Attribute des Nachgeschmacks der untersuchten Grünteeproben A-D; *=*signifikante Unterschiede (korrigiertes α -Niveau = 0,0001)*

Die Intensität der *natürlichen Süße* nach etwa einer Minute ist bei ungesüßtem Grüntee (Probe A) entsprechend den fehlenden Zusätzen kaum wahrnehmbar (0,1 Pkt.). Das Hinzufügen von zwei Stevia-Tabs (Probe D) führt zu einer geringfügig höheren Bewertung (1,5 Pkt.). Proportional zur verwendeten Menge an Saccharose steigt die Intensität in den Proben B (5,5 Pkt.) und C (3,7 Pkt.). Probe B, mit der höchsten Ausprägung, unterscheidet sich signifikant ($p < 0,0001$) von den Proben A und D ohne Saccharose. Probe C zeigt des Weiteren einen signifikanten Mittelwertunterschied zum ungesüßten Grüntee (Probe A).

Die Grünteeproben A (0,0 Pkt.) und B (0,3 Pkt.) zeigen einen nicht beziehungsweise kaum wahrnehmbaren Nachgeschmack *künstlicher Süße*. Die Intensität des Attributs steigt in den Proben C (5,0 Pkt.) und D (6,2 Pkt.) im Verhältnis zur verwendeten Menge an Stevia-Tabs an. Die Mittelwerte der beiden Proben mit Stevia-Zusatz unterscheiden sich signifikant ($p < 0,0001$) von den Grünteeproben A und B.

Der *bittere* Nachgeschmack weist keine signifikanten Unterschiede zwischen den Proben auf. Das Attribut ist in den Proben A (3,7 Pkt.) und D (3,5 Pkt.) am stärksten ausgeprägt und sinkt in den Proben B (1,9 Pkt.) und C (2,3 Pkt.) proportional zum Zuckeranteil. Die Intensitätsbewertung des Nachgeschmacks eine Minute nach dem Schlucken ist vergleichbar mit der vorangehenden Wahrnehmung des *bitteren* Geschmacks, wobei der Unterschied zwischen der Probe A und den restlichen Proben geringer ausfällt.

4.1.3 Produktprofil für Schwarztee

Abbildung 17 veranschaulicht das Produktprofil der vier untersuchten Schwarzteeproben in Form eines Spider Webs.

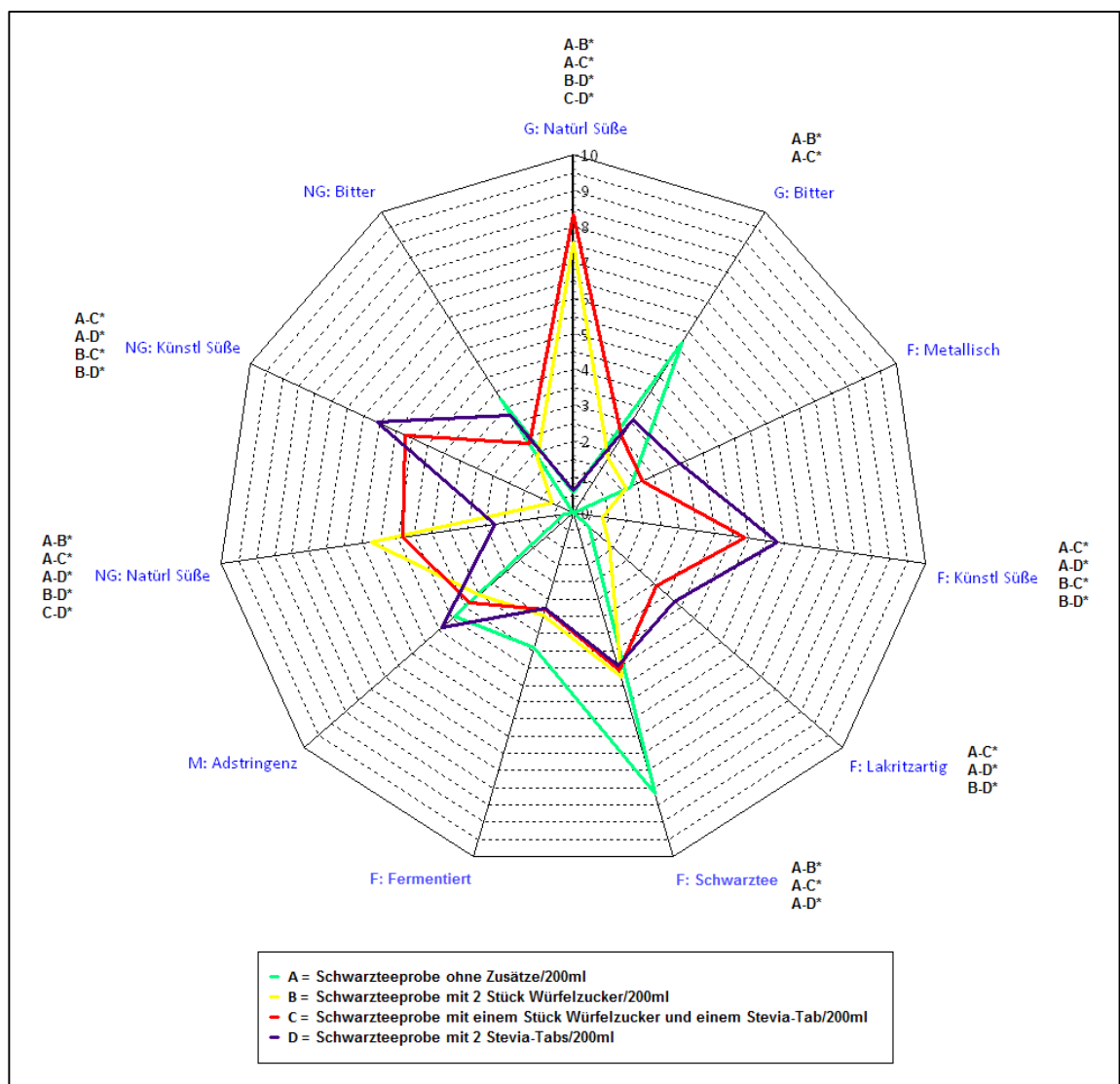


Abbildung 22: Sensorisches Profil der vier Schwarzteeproben in Form eines Spider Webs; G=Geschmack, F=Flavour, M=Mundgefühl, NG=Nachgeschmack; *=signifikante Unterschiede (korrigiertes α -Niveau = 0,0001)

Die Schwarzteeeproben resultieren, abhängig von der verwendeten Süßungsart, ebenfalls in unterschiedlichen Produktprofilen. Wie bereits beim Grüntee beobachtet, führt das Süßen des Schwarztees mit Stevia (im Vergleich zu Zucker) zu höheren Intensitätsbewertungen der *Bitterkeit* und der Flavournoten *metallisch*, *künstliche Süße* und *lakritzartig*. Die folgenden Abbildungen verdeutlichen zusätzlich die Bewertung der Attribute zwischen den Proben.

Geschmack:

In Abbildung 23 sind die mittleren Intensitäten der bewerteten Grundgeschmacksarten zu erkennen.

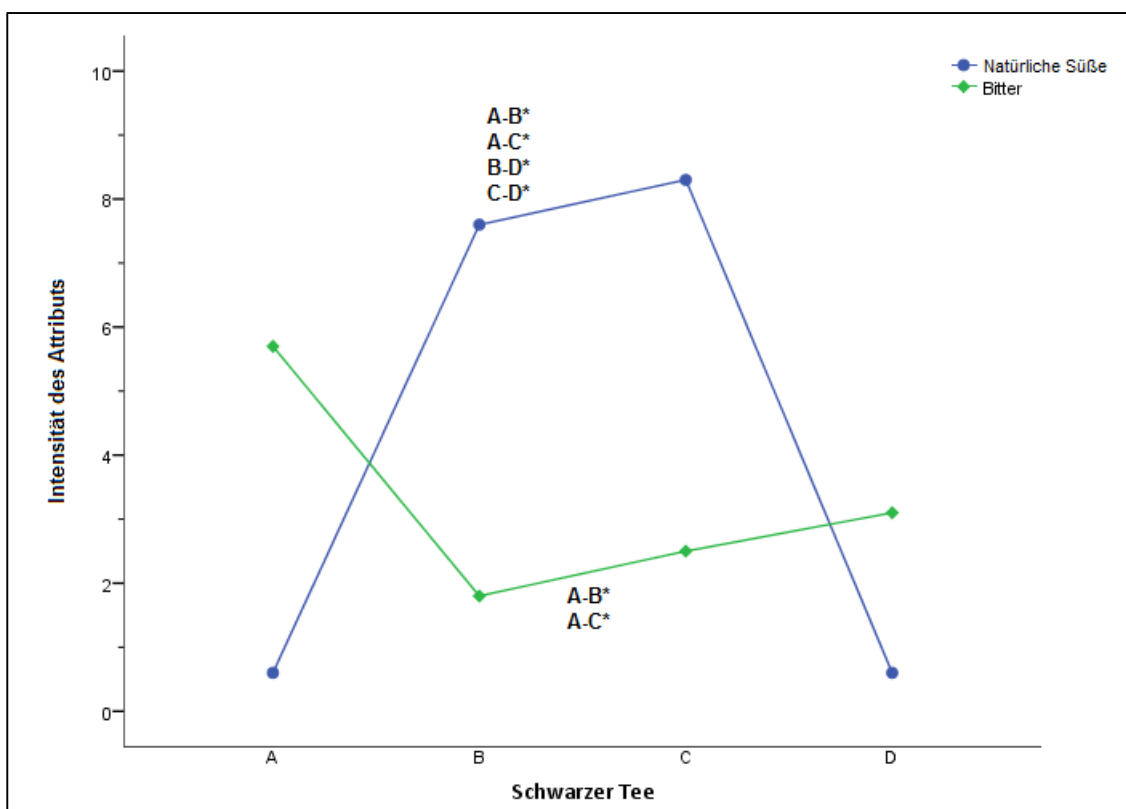


Abbildung 23: Geschmacksattribute der untersuchten Schwarzteeeproben A-D; *=signifikant (korrigiertes α -Niveau = 0,0001)

Der Zusatz von Zucker in den Grünteeeproben B (7,6 Pkt.) und C (8,3 Pkt.) führt zu einer signifikant ($p < 0,0001$) höheren Intensitätswahrnehmung der *natürlichen Süße* im Vergleich zu den Proben A (0,6 Pkt.) und D (0,6 Pkt.).

Der *bittere* Geschmack zeigt die höchste Intensität in der ungesüßten Probe A (5,7 Pkt.). Das Hinzufügen von zwei Stevia-Tabs (Probe D) führt zu einer Reduktion der *Bitterkeit* auf 3,1 Punkte. Die Intensität des *bitteren* Geschmacks sinkt in den Proben B (1,8 Pkt.)

und C (2,5 Pkt.) proportional zum Anteil an Saccharose noch stärker ab und unterscheidet sich signifikant von Probe A.

Flavour:

Die mittleren Intensitäten der Flavourattribute sind in Abbildung 24 verdeutlicht.

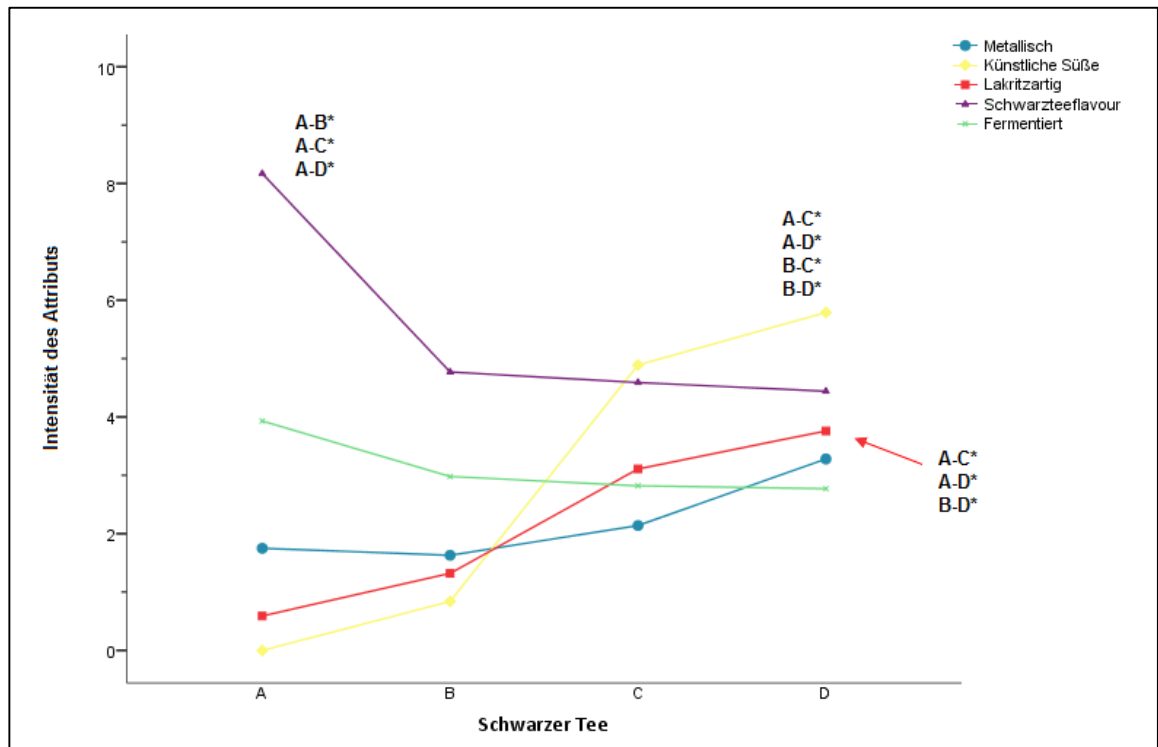


Abbildung 24: Flavourattribute der untersuchten Schwarzteeproben A-D; *=signifikante Unterschiede (korrigiertes α -Niveau = 0,0001)

Der *metallische* Flavour ist in den Proben A (1,8 Pkt.) und B (1,6 Pkt.) am geringsten ausgeprägt. Die Intensität des Attributs in den Proben C (2,1 Pkt.) und D (3,3 Pkt.) steigt proportional zu hinzugefügten Menge an Stevia-Tabs. Insgesamt sind die Unterschiede zwischen den Schwarzteeproben nicht signifikant.

Die Proben A (0,0 Pkt.) und B (0,8 Pkt.) zeigen keine beziehungsweise eine kaum wahrnehmbare Ausprägung der *künstlichen Süße*. Die Intensität des Attributs steigt in den Schwarzteeproben C (4,9 Pkt.) und D (5,8 Pkt.) im Verhältnis zur verwendeten Menge an Stevia-Tabs an und unterscheidet sich signifikant ($p < 0,0001$) von den Proben A und B.

Der Flavour *lakritzartig* zeigt ebenfalls die geringste Ausprägung für die Proben A (0,6 Pkt.) und B (1,3 Pkt.) und steigt in seiner Intensität in den Proben C (3,1 Pkt.) und

D (3,8 Pkt.). Der paarweise Vergleich der Schwarzteeproben zeigt einen signifikanten ($p < 0,0001$) Unterschied der Probe D zu den Proben A und B. Signifikant ($p < 0,0001$) ist ebenfalls die Differenz der Intensität zwischen Probe A und Probe C.

Der *Schwarztee flavour* zeigt mit 8,2 Punkten die stärkste Ausprägung in der Probe A. Durch Hinzufügen von Süßungsmitteln sinkt die Intensität etwa gleich in den Proben B (4,8 Pkt.), C (4,6 Pkt.) und D (4,4 Pkt.). Der Unterschied der gesüßten Schwarzteeproben zu Probe A ist signifikant ($p < 0,0001$).

Die Betrachtung des Flavours *fermentiert* zeigt einen ähnlichen Zusammenhang zwischen der ungesüßten Probe A (3,9 Pkt.) und den gesüßten Teeproben B (3,0 Pkt.), C (2,8 Pkt.) und D (2,8 Pkt.). Das Süßen des Schwarztees führt unabhängig von der Süßungsart zu einer reduzierten Intensität des Attributs *fermentiert*. Die Unterschiede fallen jedoch im Vergleich zum *Schwarztee flavour* geringer und nicht signifikant aus.

Mundgefühl:

Die Bewertung des Mundgefühls *Adstringenz* in den Schwarzteeproben kann Abbildung 25 entnommen werden.

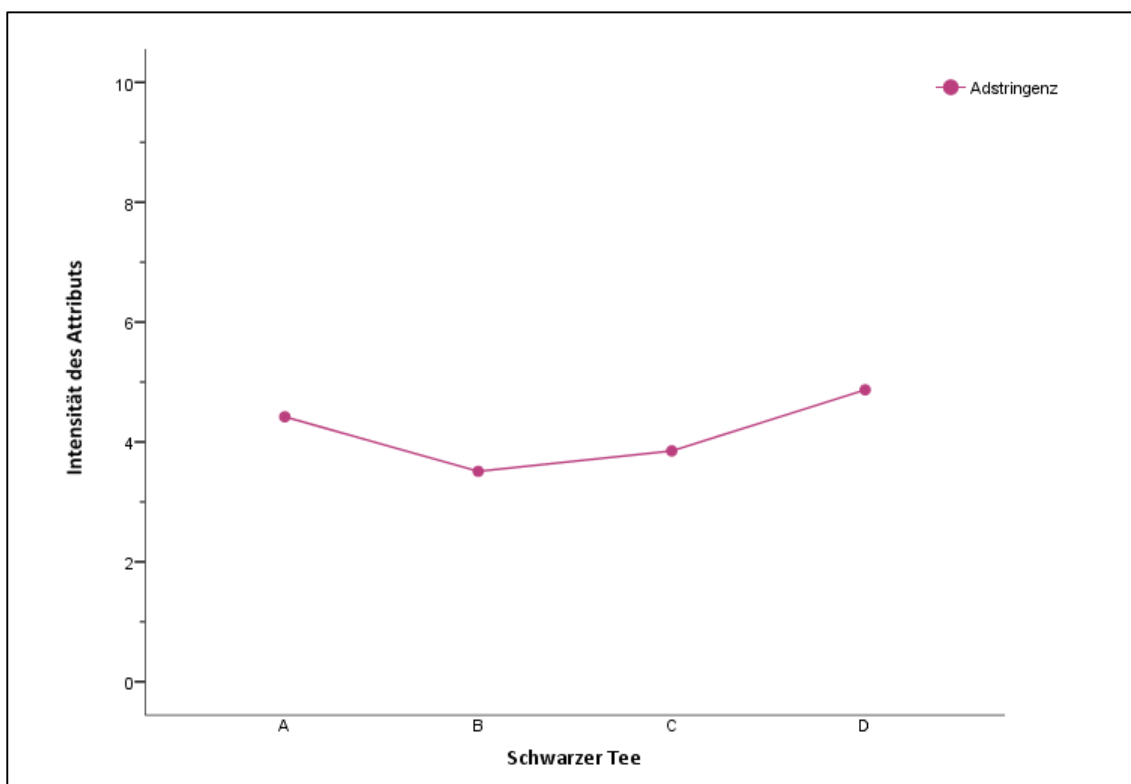


Abbildung 25: Attribut des Mundgefühls der untersuchten Schwarzteeproben A-D

Die Schwarzteeeproben zeigen keine signifikanten Intensitätsunterschiede für die *Adstringenz*. Die höchste Ausprägung für das Attribut weist Probe D auf (4,9 Pkt.), gefolgt von den Proben A (4,4 Pkt.) und C (3,9 Pkt.). Probe B wurde mit der geringsten Intensität (3,5 Pkt.) bewertet.

Nachgeschmack:

Abbildung 26 fasst die Attribute des Nachgeschmacks und ihre Bewertung zusammen.

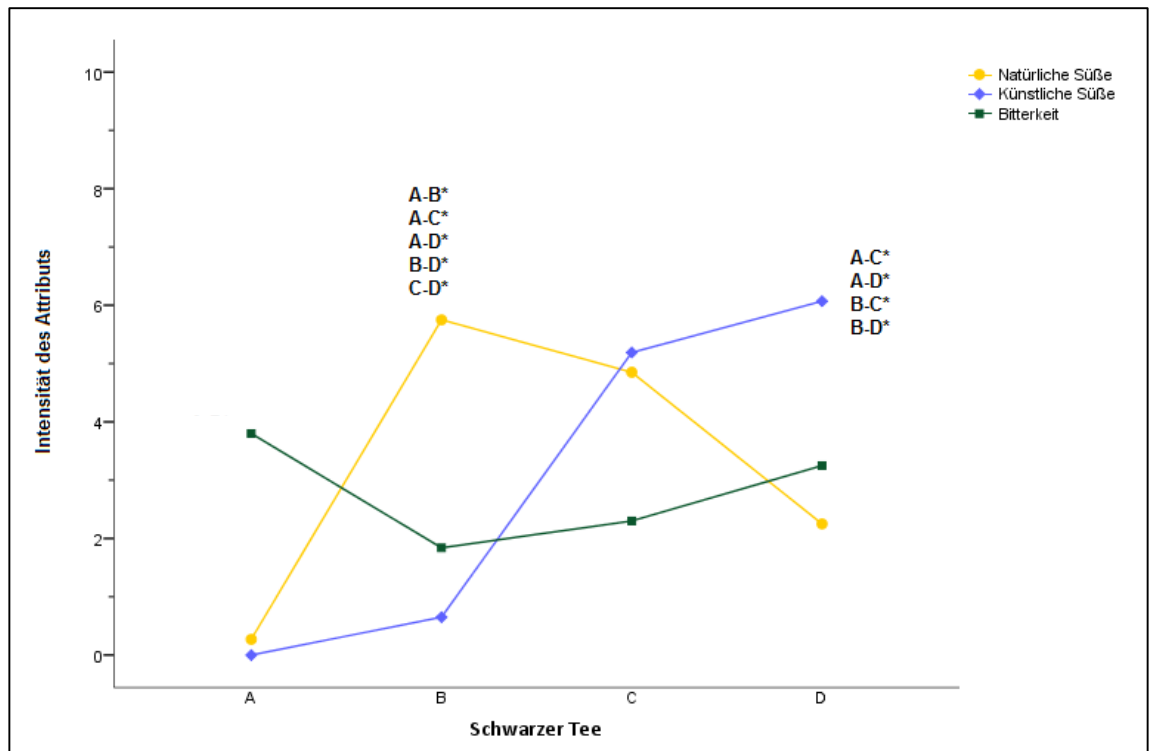


Abbildung 26: Attribute des Nachgeschmacks der untersuchten Schwarzteeeproben A-D; *=signifikante Unterschiede (korrigiertes α -Niveau = 0,0001)

Der Nachgeschmack der *natürlichen Süße* ist für Probe A (0,3 Pkt.) erwartungsgemäß kaum wahrnehmbar. Das Hinzufügen von zwei Stevia-Tabs in Probe D resultiert in der Bewertung von 2,3 Punkten. In den Proben B (5,8 Pkt.) und C (4,9 Pkt.) steigt die Intensität, proportional zur verwendeten Menge an Saccharose, deutlich an. Der ungesüßte Schwarztee unterscheidet sich signifikant ($p < 0,0001$) von den anderen Proben. Der Mittelwertvergleich zeigt weiterhin eine signifikante ($p < 0,0001$) Abweichung der Probe D von den Proben B und C.

Die Schwarzteeeproben A (0,0 Pkt.) und B (0,7 Pkt.) zeigen einen nicht beziehungsweise kaum wahrnehmbaren Nachgeschmack der *künstlichen Süße*. Das Verwenden von Stevia-

Tabs führt zu einem proportionalen, signifikanten ($p < 0,0001$) Anstieg der Intensität in den Proben C (5,2 Pkt.) und D (6,1 Pkt.).

Bezüglich des *bitteren* Nachgeschmacks weisen die Proben keine signifikanten Unterschiede auf. Das Attribut ist in der Probe A (3,8 Pkt.) am stärksten ausgeprägt. Durch das Süßen des Schwarztees sinkt die Intensität des Nachgeschmacks, wobei die Abnahme bei einem höheren Zuckeranteil stärker ausfällt (B: 1,8 Pkt.; C: 2,3 Pkt.; D: 3,3 Pkt.). Die Intensitätsbewertung des Nachgeschmacks ist, wie zuvor beim Grüntee, vergleichbar mit der vorangehenden Wahrnehmung des *bitteren* Geschmacks. Der Unterschied zwischen Probe A und den restlichen Proben fällt im Nachgeschmack jedoch geringer aus.

4.2 Zeit-Intensitätstest

4.2.1 Statistische Auswertung der Teeproben

Für die statistische Auswertung des Zeit-Intensitätstests wurden die gewonnenen maximalen Intensitätswerte (I_{MAX}) der Attribute untersucht. Mithilfe des Shapiro-Wilk-Tests wurde ersichtlich, dass die Daten der Grün- und Schwarzteeproben keiner Normalverteilung unterliegen. Folglich wurde der Mann-Whitney-U-Test inklusive Bonferroni-Korrektur ($p < 0,003$) eingesetzt, um die Proben paarweise vergleichen zu können. Die Ergebnisse sind aus der Tabelle 6 abzulesen.

Tabelle 4: Signifikante (*) Mittelwertunterschiede (I_{MAX}) zwischen den Attributen der Grün- und Schwarzteeproben; TI; Mann-Whitney-U-Test (korrigiertes α -Niveau = 0,003)

NATÜRLICHE SÜßE	KÜNSTLICHE SÜßE	BITTERKEIT	ADSTRINGENZ
Grünteeproben			
A-B*	A-C*	n. s.	n. s.
A-C*	A-D*	n. s.	n. s.
B-D*	B-C*	n. s.	n. s.
C-D*	B-D*	n. s.	n. s.
Schwarzteeproben			
A-B*	A-C*	n. s.	n. s.
A-C*	A-D*	n. s.	n. s.
B-D*	B-C*	n. s.	n. s.
C-D*	B-D*	n. s.	n. s.
	C-D*	n. s.	n. s.

n. s. = nicht signifikant

Insgesamt zeigen die Proben beider Teesorten ähnliche Ergebnisse. Durch das korrigierte und dadurch stark gesenkte α -Niveau, sind keine signifikanten Mittelwertunterschiede (I_{MAX}) zwischen den Grün- beziehungsweise Schwarzteeproben bezüglich der *Bitterkeit* und *Adstringenz* zu erkennen. Beide Teesorten zeigen signifikante ($p < 0,003$) Unterschiede in der *natürlichen Süße* zwischen den Proben mit Saccharose und den anderen zwei Proben. Äquivalent weist der Vergleich der Proben C und D mit den Teeproben ohne Stevia ein signifikantes ($p < 0,003$) Ergebnis bezüglich der *künstlichen Süße* auf. Für dieses Attribut ist ein weiterer signifikanter ($p < 0,003$) Unterschied bei den Schwarzteeproben C und D zu erkennen.

In einem weiteren Schritt wurden alle Mittelwerte (I_{MAX}) der Grünteeproben mit den entsprechenden Werten der Schwarzteeproben paarweise verglichen. Insgesamt unterscheiden sich die Teesorten nicht signifikant. Lediglich die Teeproben mit je zwei

Stevia-Tabs zeigen einen signifikanten ($p < 0,003$) Unterschied in der Wahrnehmung der *künstlichen Süße*.

4.2.2 TI-Kurven der Grünteeproben

Unter Einbeziehung aller gewonnenen Daten mittels TI-Analyse, konnten Zeit-Intensitätskurven für die einzelnen Attribute erstellt werden. In Abbildung 27 erkennt man die TI-Kurven der Grünteeproben für das Attribut *natürliche Süße*.

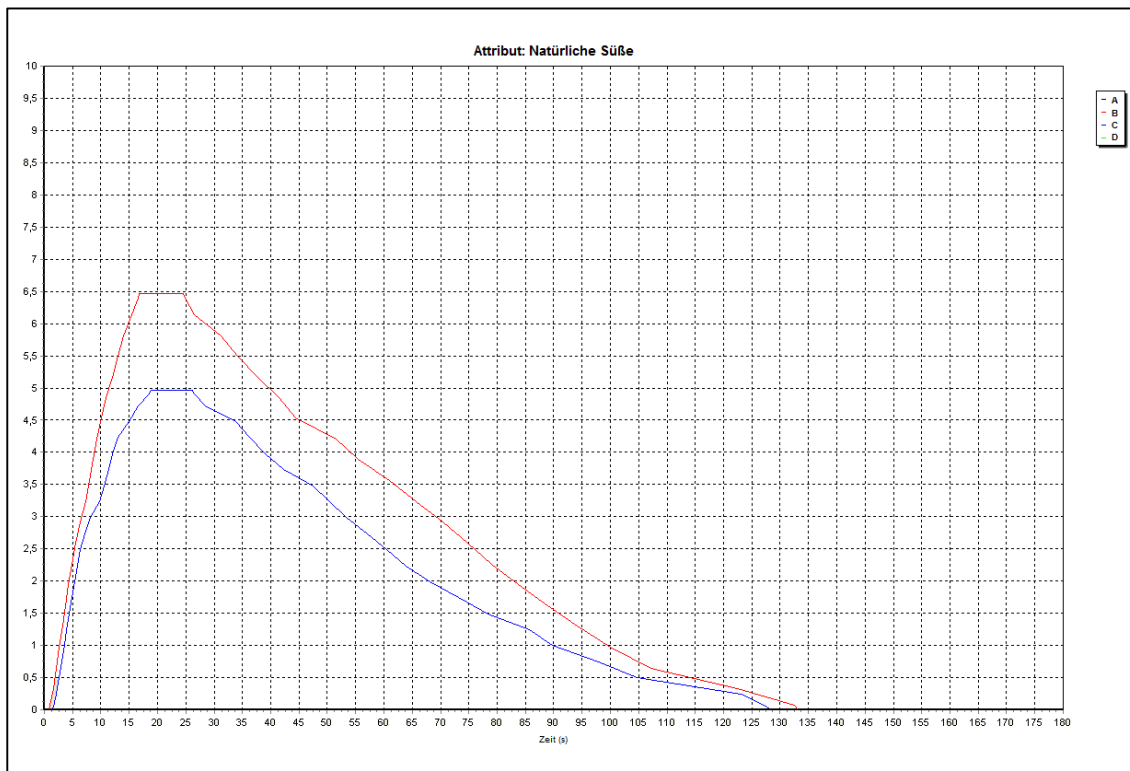


Abbildung 27: TI-Kurven (Mittelwerte von allen Panellisten und Wiederholungen) der Grünteeproben A, B, C und D für das Attribut *natürliche Süße*

Probe A (ohne Zusätze) und D (mit zwei Stevia-Tabs) lassen keinen Intensitätsanstieg erkennen. Bei der Bewertung von Probe B (mit zwei Stück Würfelzucker) steigt die Intensität der *natürlichen Süße* steil an und erreicht nach etwa 17 Sekunden ein Maximum von 6,5 Punkten. Im Anschluss an eine Plateau-Phase (Plateau-Phasen sind bei allen Proben und Attributen ab I_{MAX} zu erkennen und halten circa 5-10 Sekunden an) sinkt die Intensität kontinuierlich ab, bis nach 133 Sekunden das Attribut nicht mehr wahrnehmbar ist. Der Intensitätsverlauf von Probe C (mit einem Stück Würfelzucker und einem Stevia-Tab) verhält sich ähnlich zu Probe B. Nach 19 Sekunden wird das Intensitätsmaximum erreicht und liegt mit 5,0 Punkten etwas niedriger als in Probe B. In Übereinstimmung

mit der geringeren Intensität ist die Wahrnehmung der *natürlichen Süße* etwas früher (nach 129 s) beendet.

Den zeitlichen Intensitätsverlauf für das Attribut *künstliche Süße* kann man Abbildung 28 entnehmen.

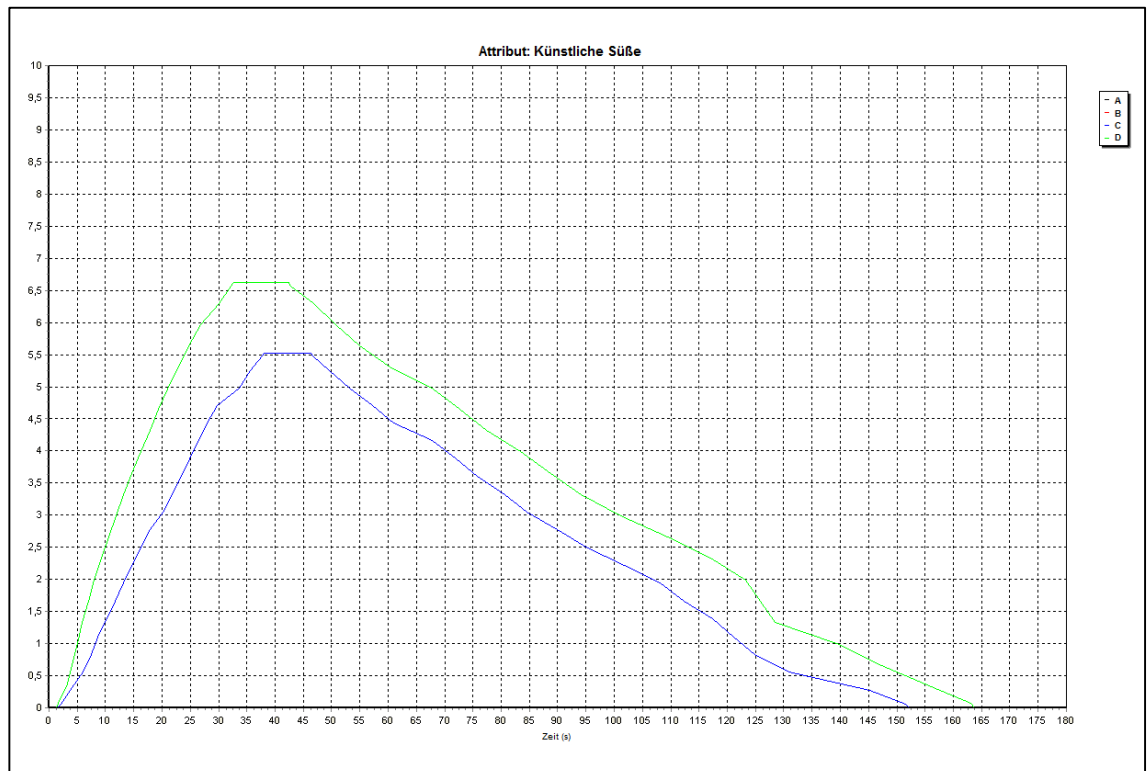


Abbildung 28: TI-Kurven (Mittelwerte von allen Panellisten und Wiederholungen) der Grünteeproben A, B, C und D für das Attribut *künstliche Süße*

Probe A und B führen zu keinem Intensitätsanstieg. Der Grüntee mit einem Stück Würfelzucker und einem Stevia-Tab (Probe C) erreicht das Intensitätsmaximum nach 38 Sekunden mit einem Wert von 5,5 Punkten. Nach einer Plateau-Phase sinkt die Intensität der *künstlichen Süße* bis zum Nullpunkt nach 152 Sekunden. Probe D (mit zwei Stevia-Tabs) zeigt einen entsprechenden Verlauf, jedoch mit einem etwas höheren Intensitätsmaximum (6,6 Pkt. nach 33 s) und einem länger anhaltendem Eindruck der *künstlichen Süße* (bis zu 164 s).

Die ermittelten TI-Kurven für das Attribut *Bitterkeit* können anhand von Abbildung 29 nachvollzogen werden.

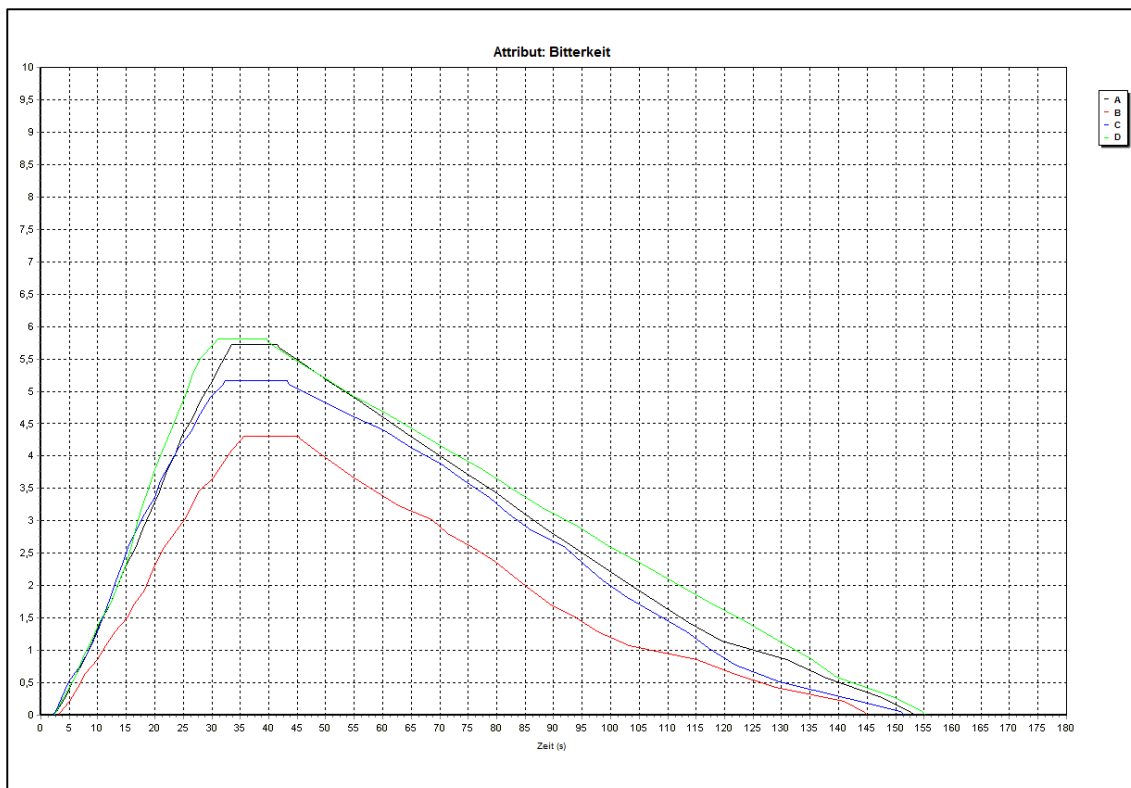


Abbildung 29: TI-Kurven (Mittelwerte von allen Panellisten und Wiederholungen) der Grünteeproben A, B, C und D für das Attribut *Bitterkeit*

Alle vier Grünteeproben erreichen ihr Intensitätsmaximum zwischen 31 und 36 Sekunden. Den höchsten Wert von 5,8 Punkten erreicht Probe D, gefolgt von Probe A mit einer Intensität von 5,7 Punkten. Die Teemischung mit Zucker und Stevia (Probe C) zeigt ein Intensitätsmaximum von 5,1 Punkten. Die geringste Ausprägung des *bitteren* Geschmacks erreicht Probe B mit Zucker (4,3 Pkt.). Nach der Plateau-Phase sinken die Intensitäten wieder bis sie nach 145 bis 155 Sekunden nicht mehr wahrnehmbar sind. Je niedriger das Intensitätsmaximum war, desto früher erreicht die jeweilige Probe den Nullpunkt.

Abbildung 30 veranschaulicht den zeitlichen Intensitätsverlauf für das Attribut *Adstringenz*.

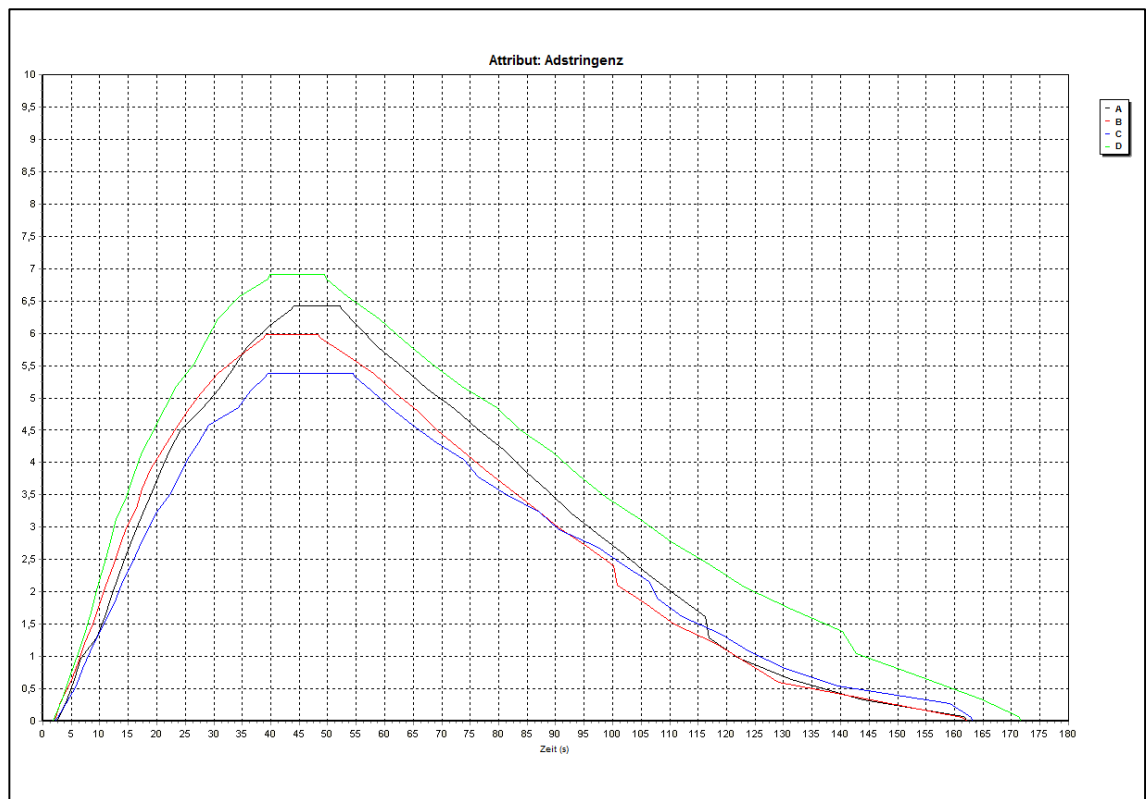


Abbildung 30: TI-Kurven (Mittelwerte von allen Panellisten und Wiederholungen) der Grünteeproben A, B, C und D für das Attribut *Adstringenz*

Die Grünteeproben erreichen das Intensitätsmaximum zwischen 39 und 44 Sekunden. Die höchste Intensität von 6,9 Punkten zeigt die TI-Kurve für Probe D. Probe A weist ein etwas geringeres Intensitätsmaximum von 6,4 Punkten auf, gefolgt von den Proben B (6,0 Pkt.) und C (5,4 Pkt.). Die längste Wahrnehmung der *Adstringenz* erfolgt für Probe D (172 s). Probe C weist nach 163 Sekunden keine Intensitätswahrnehmung mehr auf. Für Probe A und B, trotz unterschiedlicher Maximalwerte, ist das Erreichen des Nullpunkts etwa zeitgleich nach 162 Sekunden gegeben.

4.2.3 TI-Kurven der Schwarzteeeproben

Wie bereits für den Grüntee, konnten anhand der Daten aller Schwarzteeeproben TI-Kurven erstellt werden. In Abbildung 31 erkennt man den Verlauf der Zeit-Intensitätskurve für das Attribut *natürliche Süße*.

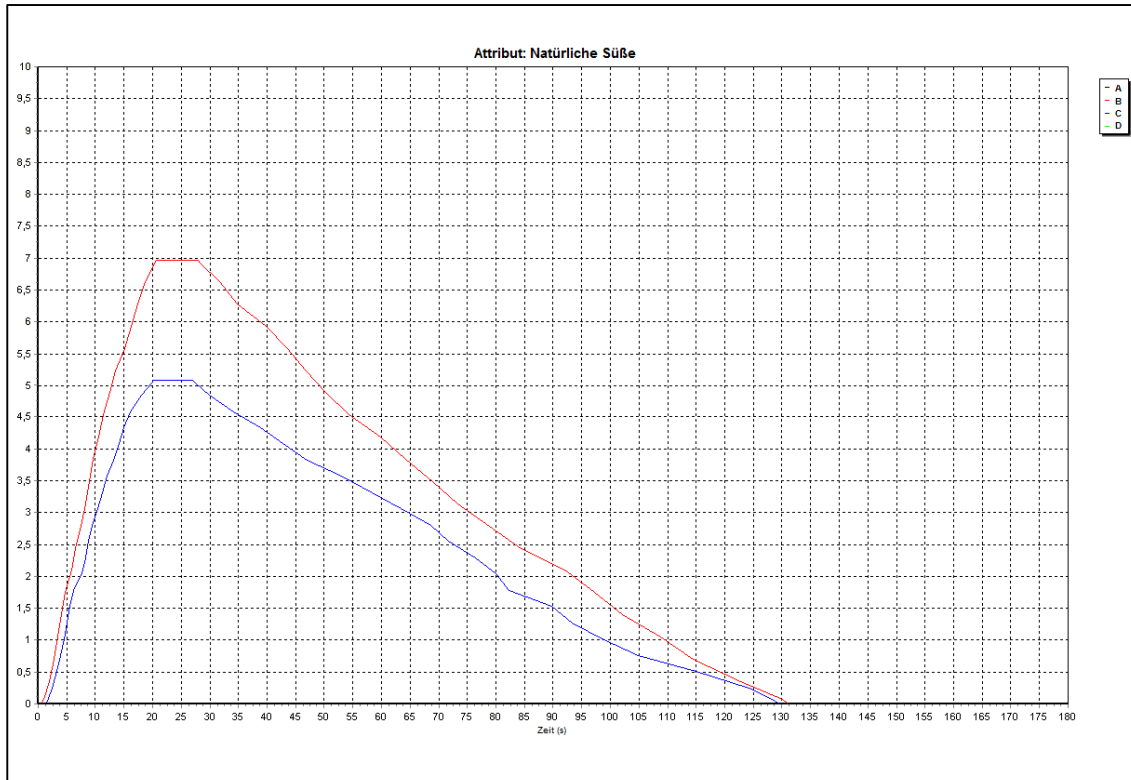


Abbildung 31: TI-Kurven (Mittelwerte von allen Panellisten und Wiederholungen) der Schwarzteeeproben A, B, C und D für das Attribut *natürliche Süße*

Es ist kein Intensitätsanstieg der *natürlichen Süße* für die Proben A und D zu erkennen. Der Verlauf der Kurven für die Schwarzteeeproben B und C verhält sich proportional zu verwendeter Menge an Saccharose. Probe B erreicht nach etwa 20 Sekunden eine maximale Intensität von 7,0 Punkten und sinkt anschließend kontinuierlich ab, bis nach 131 Sekunden das Attribut nicht mehr wahrnehmbar ist. Probe C zeigt nach ebenfalls 20 Sekunden ein etwas geringeres Intensitätsmaximum von 5,1 Punkten auf. In Übereinstimmung mit der geringeren Intensität, ist die Wahrnehmung der *natürlichen Süße* etwas früher (nach 129 s) beendet.

Den zeitlichen Intensitätsverlauf für das Attribut *künstliche Süße* kann man Abbildung 32 entnehmen.

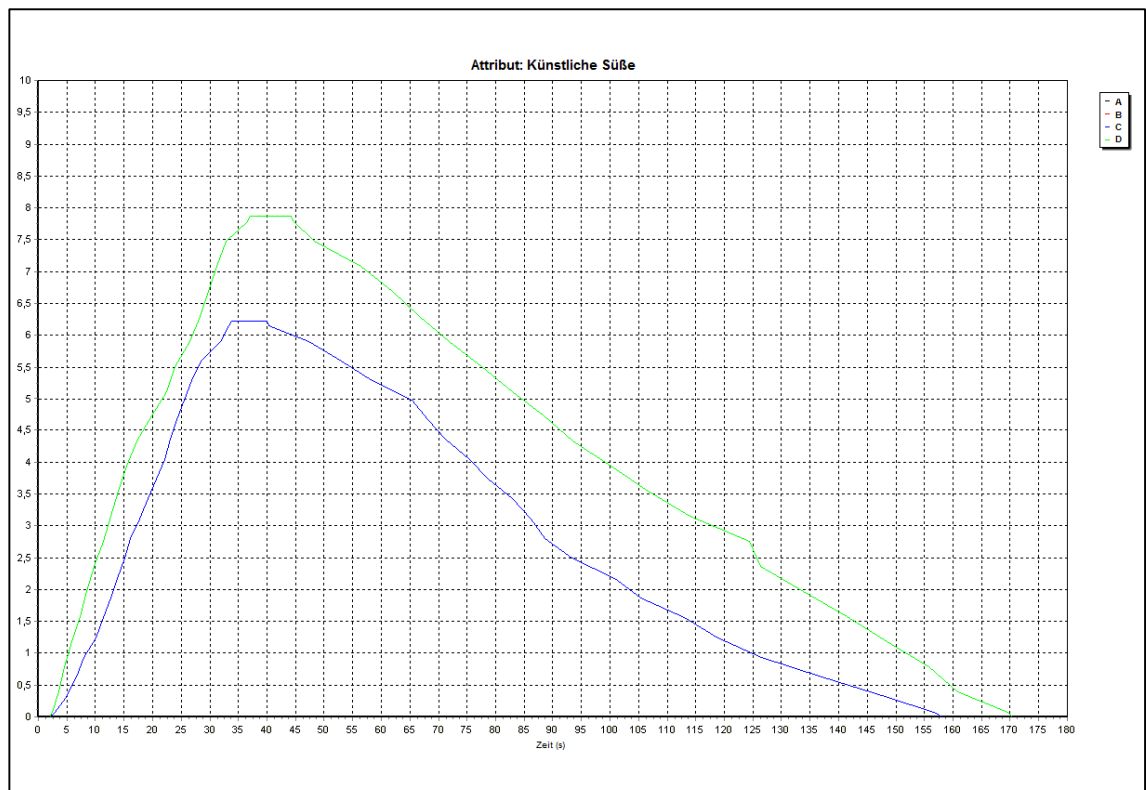


Abbildung 32: TI-Kurven (Mittelwerte von allen Panellisten und Wiederholungen) der Schwarzteeproben A, B, C und D für das Attribut *künstliche Süße*

Probe A und B führen zu keinem Intensitätsanstieg der *künstlichen Süße*. Der Schwarztee mit einem Stück Würfelzucker und einem Stevia-Tab (Probe C) erreicht das Intensitätsmaximum von 6,2 Punkten nach 34 Sekunden. Nach der Plateau-Phase sinkt die Intensität bis zum Nullpunkt nach 158 Sekunden. Probe D zeigt, proportional zur verwendeten Menge an Stevia-Tabs, einen höheren Intensitätsanstieg (7,9 Pkt. nach 37 s) und einen länger anhaltenden Eindruck der *künstlichen Süße* (bis zu 170 s).

Abbildung 33 verdeutlicht die ermittelten Zeit-Intensitätskurven für das Attribut *Bitterkeit*.

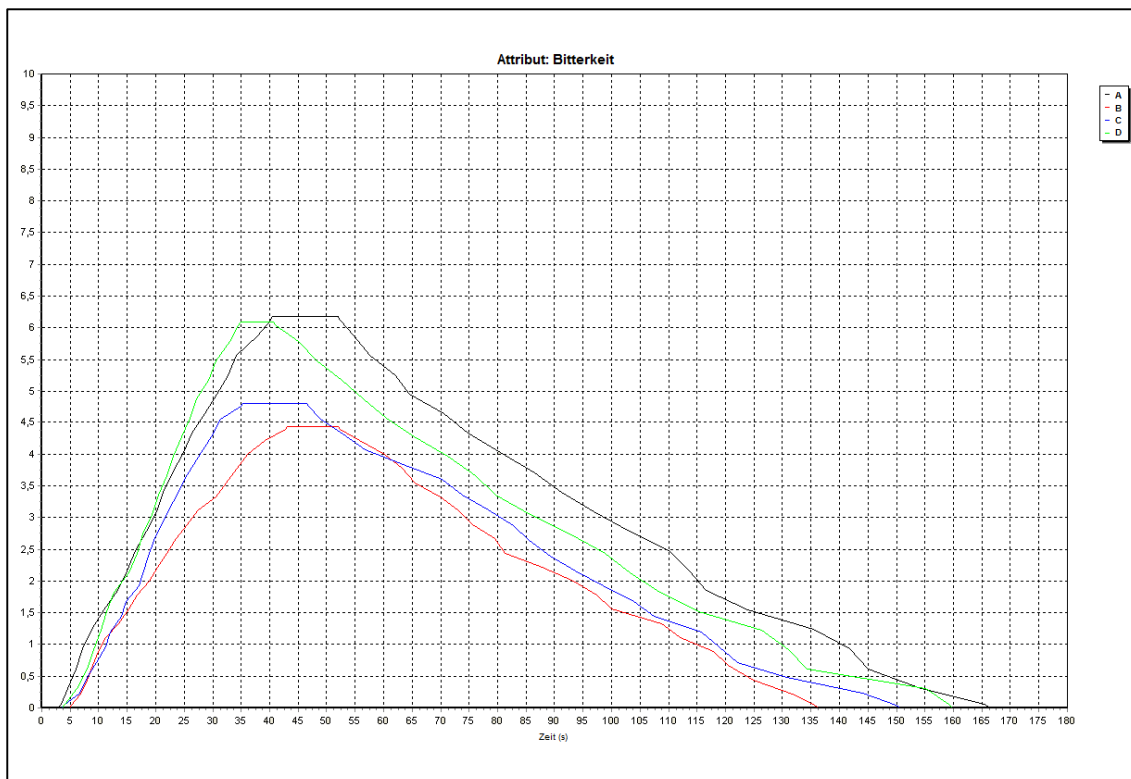


Abbildung 33: TI-Kurven (Mittelwerte von allen Panellisten und Wiederholungen) der Schwarzteeproben A, B, C und D für das Attribut *Bitterkeit*

Alle vier Schwarzteeproben erreichen ihr Intensitätsmaximum für den *bitteren* Geschmack zwischen 35 und 43 Sekunden, wobei dieses von den zwei Proben mit Stevia früher erreicht wird als von den anderen zwei Teeproben. Probe A weist die höchste *Bitterkeit* (6,2 Pkt.) auf, gefolgt von Probe D mit 6,1 Punkten. Die Intensität der Schwarzteeprobe C steigt bis zu einem Wert von 4,8 Punkten. Die geringste Ausprägung des *bitteren* Geschmacks erreicht Probe B (4,4 Pkt.). Nach einer Plateau-Phase sinken die Intensitäten wieder, bis sie nach 136 bis 166 Sekunden nicht mehr wahrnehmbar sind. Je niedriger das Intensitätsmaximum war, desto früher erreicht die jeweilige Probe den Nullpunkt.

Zuletzt wurde der zeitliche Intensitätsverlauf für das Attribut *Adstringenz* bewertet (Abbildung 34).

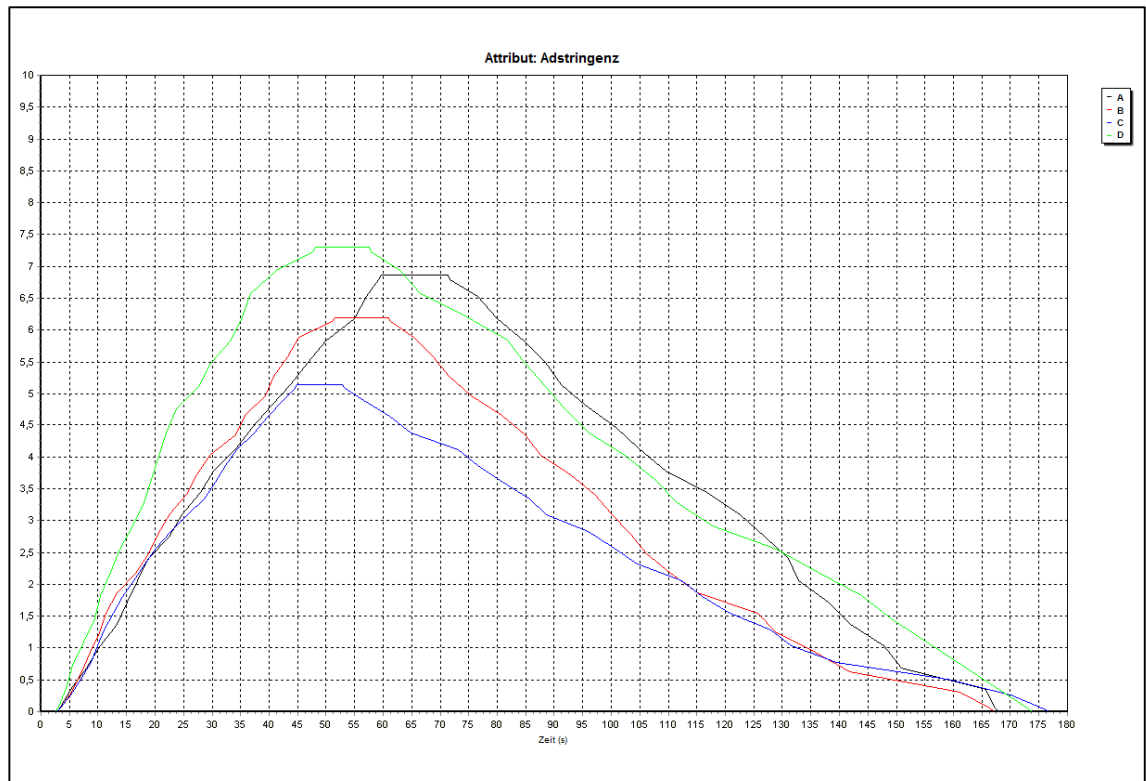


Abbildung 34: TI-Kurven (Mittelwerte von allen Panellisten und Wiederholungen) der Schwarzteeproben A, B, C und D für das Attribut *Adstringenz*

Die Schwarzteeproben erreichen das Intensitätsmaximum zwischen 45 und 60 Sekunden, wobei dieses von den zwei Proben mit Stevia erneut früher erreicht wird. Die höchste Intensität von 7,3 Punkten zeigt die TI-Kurve für Probe D. Probe A weist ein Intensitätsmaximum von 6,9 Punkten auf, gefolgt von den Proben B (6,2 Pkt.) und C (5,2 Pkt.). Die längste Wahrnehmung der *Adstringenz* erfolgt für die Schwarzteeproben C (176 s) und D (174 s). Für Probe A und B ist, trotz unterschiedlicher Maximalwerte, das etwa zeitgleiche Erreichen des Nullpunkts nach 167 Sekunden gegeben.

4.3 Temporal Dominance of Sensations

4.3.1 Statistische Auswertung der Teeproben

Im Zuge der statistischen Auswertung der TDS-Analyse wurden die ermittelten TDS-Score-Daten untersucht, um einen späteren Vergleich mit den Intensitäten der anderen zwei Methoden zu ermöglichen. Nach Ausschluss einer Normalverteilung mithilfe des Shapiro-Wilk-Tests, wurden die Score-Werte der Grün- und Schwarzteeproben paarweise auf signifikante Mittelwertunterschiede verglichen (Mann-Whitney-U-Test inklusive Bonferroni-Korrektur: $p < 0,003$). Das Resultat ist in Tabelle 7 zusammengefasst.

Tabelle 5: Signifikante (*) Mittelwertunterschiede (TDS-Score) zwischen den Attributen der Grün- und Schwarzteeproben; TDS; Mann-Whitney-U-Test (korrigiertes α -Niveau = 0,003)

NATÜRLICHE SÜßE	KÜNSTLICHE SÜßE	BITTERKEIT	ADSTRINGENZ
Grünteeproben			
A-B*	A-C*	A-B*	n. s.
A-C*	A-D*	n. s.	n. s.
B-D*	B-C*	n. s.	n. s.
C-D*	B-D*	n. s.	n. s.
Schwarzteeproben			
A-B*	A-C*	n. s.	n. s.
A-C*	A-D*	n. s.	n. s.
B-D*	B-C*	n. s.	n. s.
C-D*	B-D*	n. s.	n. s.

n. s. = nicht signifikant

Beide Teesorten zeigen signifikant unterschiedliche Score-Werte für die *natürliche* und *künstliche Süße*. Bezüglich der *natürlichen Süße* sind die paarweisen Vergleiche zwischen den Proben mit beziehungsweise ohne Saccharose signifikant ($p < 0,003$). Dementsprechend unterscheiden sich die Proben mit beziehungsweise ohne Stevia signifikant ($p < 0,003$) für das Attribut *künstliche Süße*. Die Score-Werte für die *Bitterkeit* von den Grünteeproben A und B zeigen signifikant ($p < 0,003$) abweichende Bewertungen, wobei sich beide Teesorten ansonsten nicht signifikant in der *Bitterkeit* und *Adstringenz* unterscheiden.

Der zusätzliche paarweise Vergleich aller Score-Werte der Grünteeproben mit den entsprechenden Werten der Schwarzteeproben zeigt keine signifikanten Unterschiede.

4.3.2 TDS-Kurven der Grünteeproben

Der eigentliche Fokus der TDS-Analyse liegt auf den Dominanzraten der vier Attribute, deren zeitlicher Verlauf anhand von TDS-Kurven nachvollzogen werden kann. Im folgenden Abschnitt sind die TDS-Kurven der jeweiligen Grünteeproben abgebildet. Zusätzlich zu den Kurven ist jeweils der Zufallswahrscheinlichkeits- und Signifikanzlevel eingezeichnet. Der Level der Zufallswahrscheinlichkeit gibt den Erwartungswert P_0 für die Dominanzrate eines Attributs wieder:

$$P_0 = 1/P$$

P steht für die Anzahl der betrachteten Attribute. In der vorliegenden Arbeit errechnet sich ein Erwartungswert P_0 von 0,25.

Der Signifikanzlevel (5 %) ist die obere Grenze des 5 %-Konfidenzintervalls. Der Level wird nach folgender mathematischen Gleichung berechnet:

$$P = P_0 + 1,645 \sqrt{\frac{P_0(1 - P_0)}{n}}$$

P steht in dem Fall für den niedrigsten Signifikanzindex ($\alpha = 5\%$), P_0 für den Level der Zufallswahrscheinlichkeit und „n“ ist die Anzahl der Evaluierungen für die jeweilige Probe.

Abbildung 35 verdeutlicht die TDS-Kurven der Grüteprobe A inklusive der beschriebenen Zufallswahrscheinlichkeits- und Signifikanzlevel.

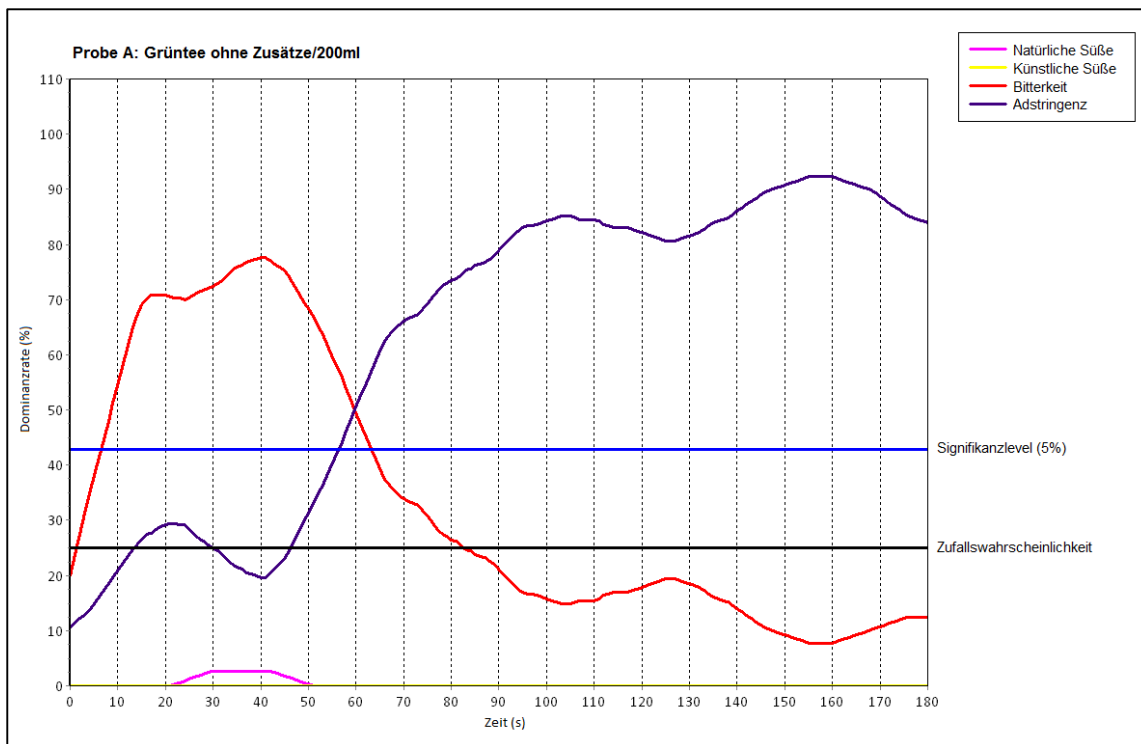


Abbildung 35: TDS-Kurven für die Attribute der Grüteprobe A

Anhand der Abbildung erkennt man, dass zu Beginn der Messung die *Bitterkeit* des Grütees das dominierende Attribut ist (signifikante Bewertung ab Sekunde 7; $p < 0,05$). Nach 40 Sekunden erreicht die DR für den *bitteren* Geschmack einen Wert von 78 %, das heißt eine maximale Übereinstimmung des Panels von 78 %. Ab Sekunde 60 (Zeitpunkt des Schluckens) bis zum Versuchsende wird die *Adstringenz* als signifikant ($p < 0,05$) dominierend beurteilt (maximale Dominanzrate von 92 % nach 155 s). Insgesamt besteht ein Konsens der Prüfpersonen darüber, dass bei der Verkostung von Grütee ohne Zusätze zunächst *Bitterkeit* und nach dem Schluckvorgang die *Adstringenz* als die dominanten Attribute wahrgenommen werden.

In Abbildung 36 erkennt man die TDS-Kurven für den Grüntee mit zwei Stück Würfelzucker (Probe B).

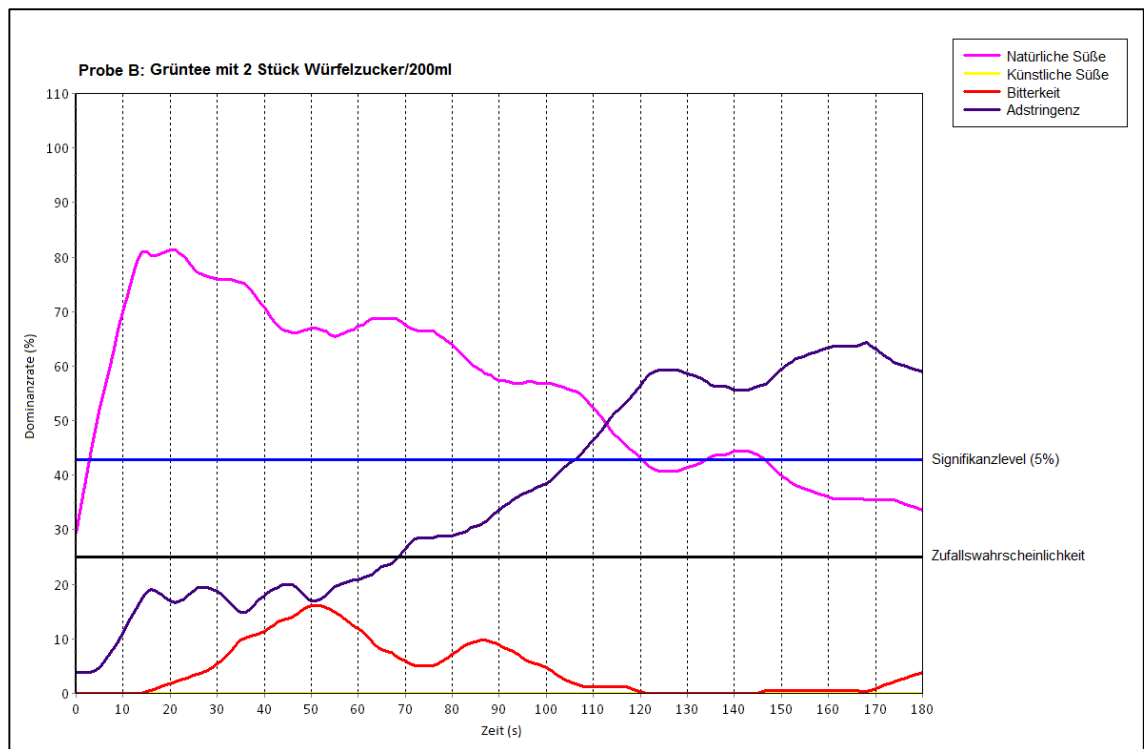


Abbildung 36: TDS-Kurven für die Attribute der Grünteeprobe B

In dieser Tee-Zusammensetzung wird die *natürliche Süße* als erstes dominantes Attribut wahrgenommen (signifikante Bewertung ab Sekunde 3; $p < 0,05$). Nach circa 20 Sekunden erreicht das Attribut eine Dominanzrate von 81 %. Erst nach 113 Sekunden wird vermehrt das *adstringierende* Mundgefühl als signifikant ($p < 0,05$) dominierend beurteilt (von 113 bis 180 s, maximale Dominanzrate von 65 % bei 168 s). Insgesamt wird deutlich, dass bei der Analyse von Grüntee mit Zucker zunächst die *natürliche Süße* und nach etwa 113 Sekunden die *Adstringenz* als die dominanten Attribute wahrgenommen werden.

Abbildung 37 zeigt die TDS-Kurven für die Grünteeprobe C.

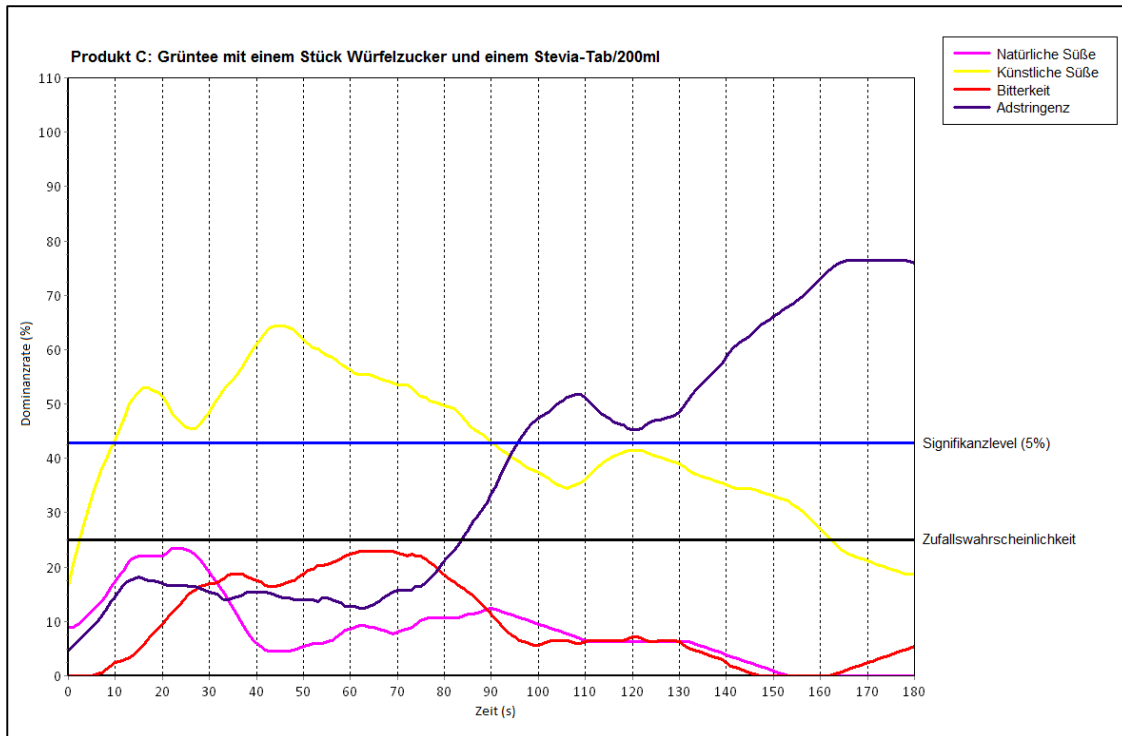


Abbildung 37: TDS-Kurven für die Attribute der Grünteeprobe C

Anhand der Abbildung wird deutlich, dass zu Beginn der Verkostung die Dominanz der *künstlichen Süße* (maximale Dominanzrate von 64 % bei 43 s) überwiegt, wobei die Bewertung erst ab 10 Sekunden über dem Signifikanzlevel ($p < 0,05$) liegt. Ab der 94. Sekunde wechselt der dominante Eindruck zum *adstringierenden* Attribut (maximale Dominanz von 77 % bei 165 s) und bleibt bis zum Ende der Messung erhalten (signifikante Bewertung ab Sekunde 95; $p < 0,05$). Schlussfolgernd kommen die Prüfpersonen zu einer Übereinstimmung darüber, dass bei der Verkostung von grünem Tee mit einem Stück Würfelzucker und einem Stevia-Tab zunächst die *künstliche Süße* und anschließend das *adstringierende* Mundgefühl die dominierenden Wahrnehmungen sind.

In Abbildung 38 sieht man den Verlauf der TDS-Kurven für die Grünteeprobe D.

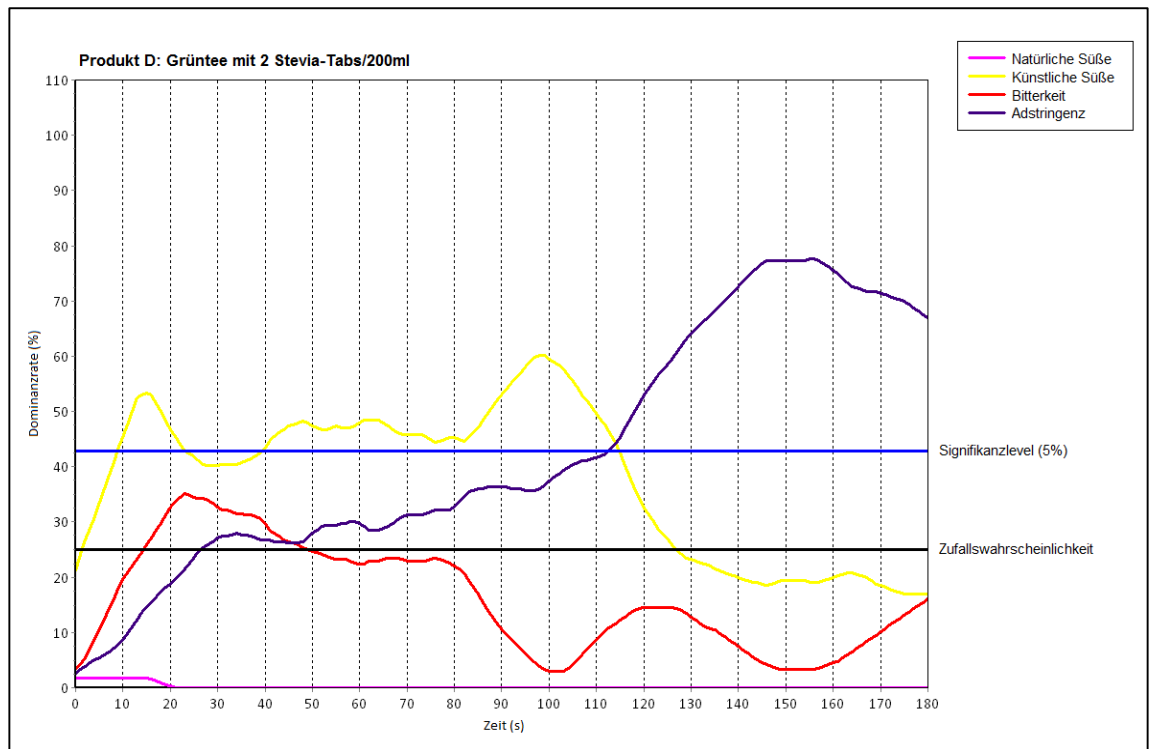


Abbildung 38: TDS-Kurven für die Attribute der Grünteeprobe D

Zu Beginn der Verkostung des grünen Tees mit zwei Stevia-Tabs dominiert die Wahrnehmung von *künstlicher Süße* (maximale Dominanzrate von 60 % nach 97 s). Die DR des Attributs liegt ab Sekunde 9 (mit einer Ausnahme zwischen 24 und 39 s) über dem Signifikanzlevel ($p < 0,05$). Ab Sekunde 114 bis zum Ablauf der Messung wechselt der signifikant ($p < 0,05$) dominierende Eindruck zur *Adstringenz* (maximale Dominanzrate von 78 % nach 145 s).

4.3.3 TDS-Kurven der Schwarzteeproben

Die Untersuchungsergebnisse der vier Schwarzteeproben können in folgendem Kapitel ebenfalls anhand von TDS-Kurven nachvollzogen werden. Abbildung 39 gibt den zeitlichen Verlauf der Dominanzraten für den Schwarztee ohne Zusätze (Probe A) wieder.

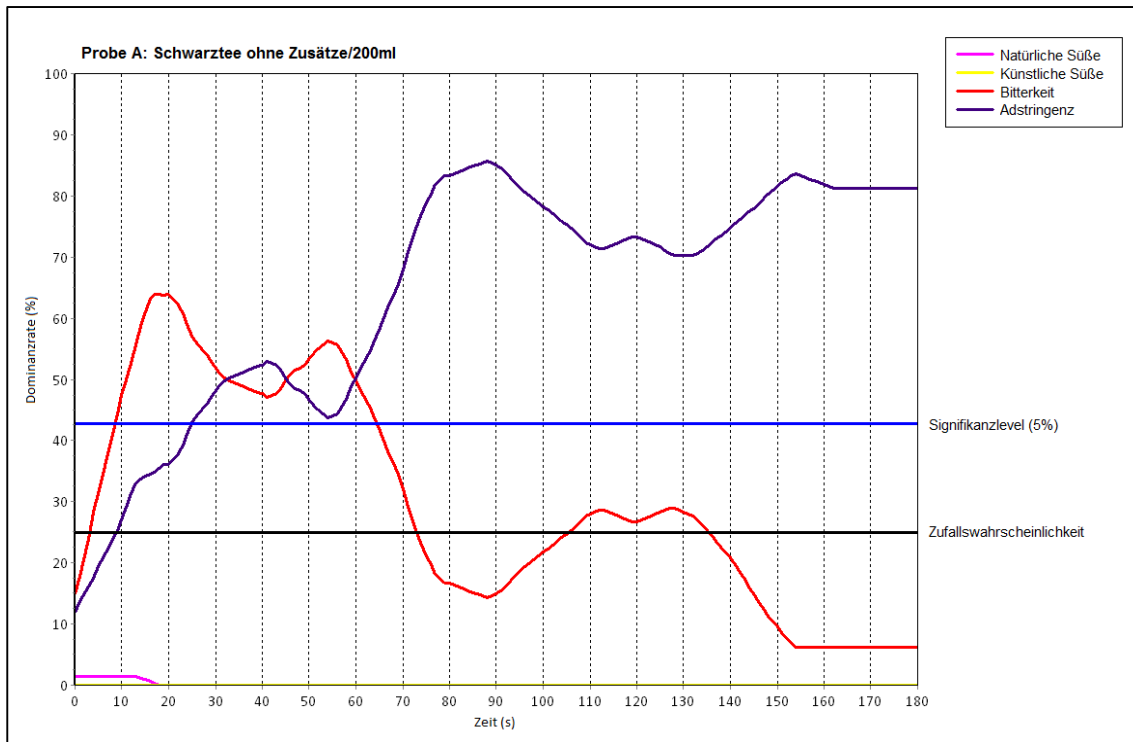


Abbildung 39: TDS-Kurven für die Attribute der Schwarzteeprobe A

Wie bereits beim Grüntee beobachtet, dominiert zu Beginn der Verkostung des Schwarztees ohne Zusätze der *bittere* Geschmack (0 bis 60 s, maximale Dominanzrate von 64 % nach 17 s), wobei die Beurteilung erst ab 9 Sekunden über dem Signifikanzlevel ($p < 0,05$) liegt. Die Dominanzrate der *Adstringenz* für den Schwarztee steigt jedoch bereits am Anfang der Messung sehr stark an und zeigt zwischen der 32. und 45. Sekunde kurzzeitig eine signifikant ($p < 0,05$) höhere DR als die *Bitterkeit* (Maximum von 53 % nach 41 s). Nach dem Schluckvorgang (60 s) dominiert erneut signifikant ($p < 0,05$) die *adstringierende* Wahrnehmung (maximale Dominanzrate von 86 % nach 88 s). Insgesamt besteht ein Konsens der Panellisten darüber, dass zu Beginn der Verkostung von Schwarztee ohne Zusätze die *Bitterkeit* und *Adstringenz* als die dominierenden Attribute wahrgenommen werden. Nach dem Schluckvorgang überwiegt deutlich das *adstringierende* Mundgefühl.

In Abbildung 40 erkennt man die TDS-Kurven für die Schwarzteeprobe B.

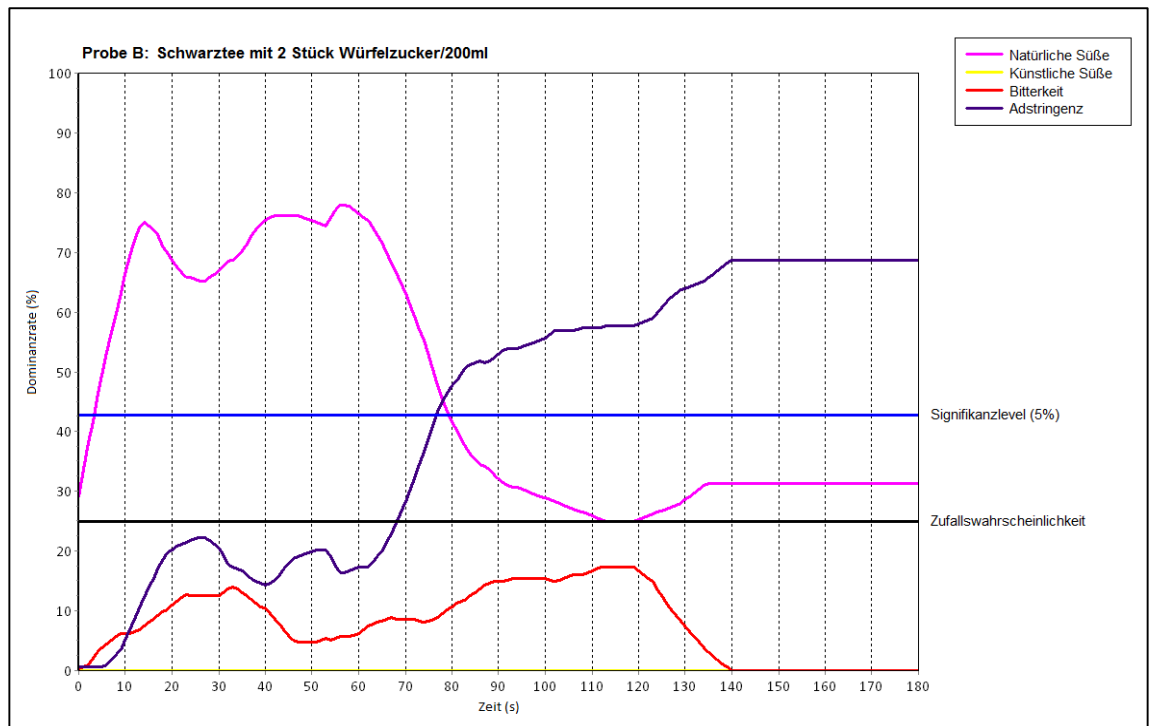


Abbildung 40: TDS-Kurven für die Attribute der Schwarzteeprobe B

Während der Verkostung der Schwarzteeprobe mit zwei Stück Würfelzucker wird die *natürliche Süße* als erstes dominantes Attribut wahrgenommen (maximale Dominanzrate von 78 % nach 56 s). Die DR des Attributs liegt ab Sekunde 3 über dem Signifikanzlevel ($p < 0,05$). Nach 78 Sekunden wechselt der signifikant ($p < 0,05$) dominierende Eindruck bis zum Versuchsende zum *adstringierenden* Mundgefühl (maximale Dominanzrate von 69 % nach 140 s).

Abbildung 41 verdeutlicht die TDS-Kurven der Probe C.

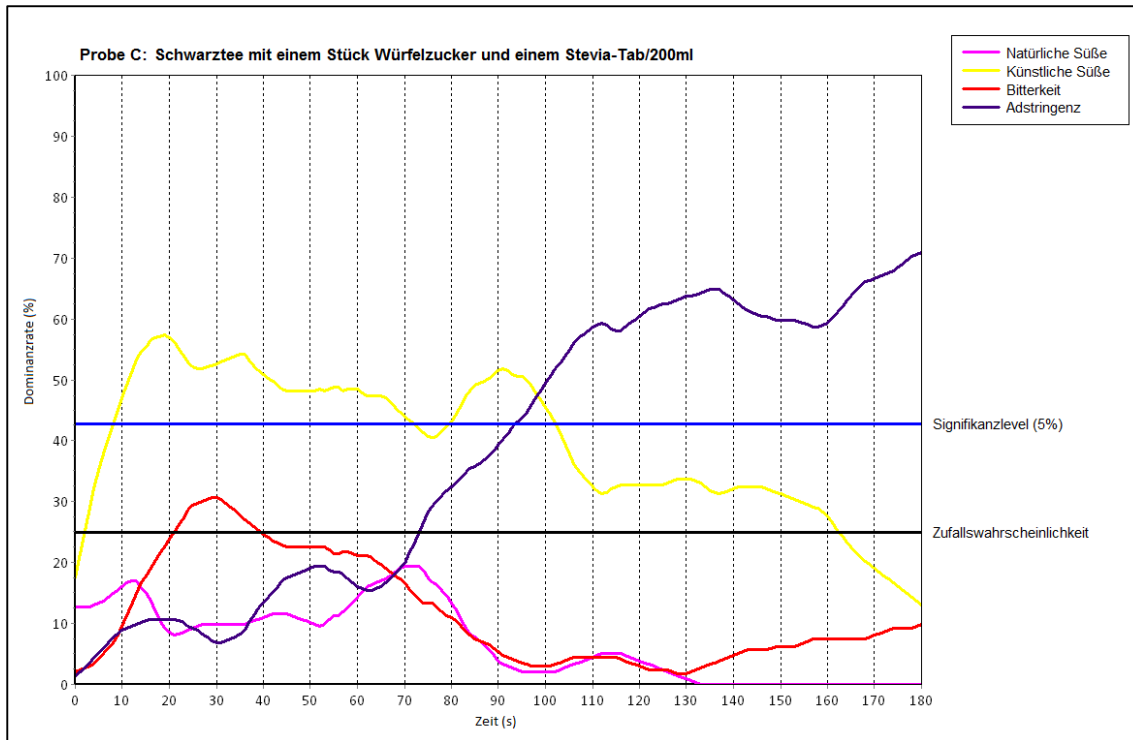


Abbildung 41: TDS-Kurven für die Attribute der Schwarzteeprobe C

Anhand der Abbildung wird deutlich, dass zu Beginn der Messung die *künstliche Süße* mehrheitlich als dominanter Eindruck wahrgenommen wird (maximale DR von 58 % nach 19 s). Die DR des Attributs liegen ab Sekunde 8 (mit einer Ausnahme zwischen 72 und 80 s) über dem Signifikanzniveau ($p < 0,05$) ist. Ab 98 Sekunden wechselt die signifikante ($p < 0,05$) Bewertung für das dominante Attribut zum *adstringierenden* Mundgefühl (98 bis 180 s, maximale Dominanzrate von 71 % nach 180 s). Insgesamt besteht eine Übereinstimmung der Prüfpersonen darüber, dass bei der Verkostung von schwarzem Tee mit einem Stück Würfelzucker und einem Stevia-Tab zunächst die *künstliche Süße* und anschließend die *Adstringenz* als die dominanten Attribute wahrgenommen werden.

In Abbildung 42 sieht man den Verlauf der TDS-Kurven für den Schwarztee mit zwei Stevia-Tabs (Probe D).

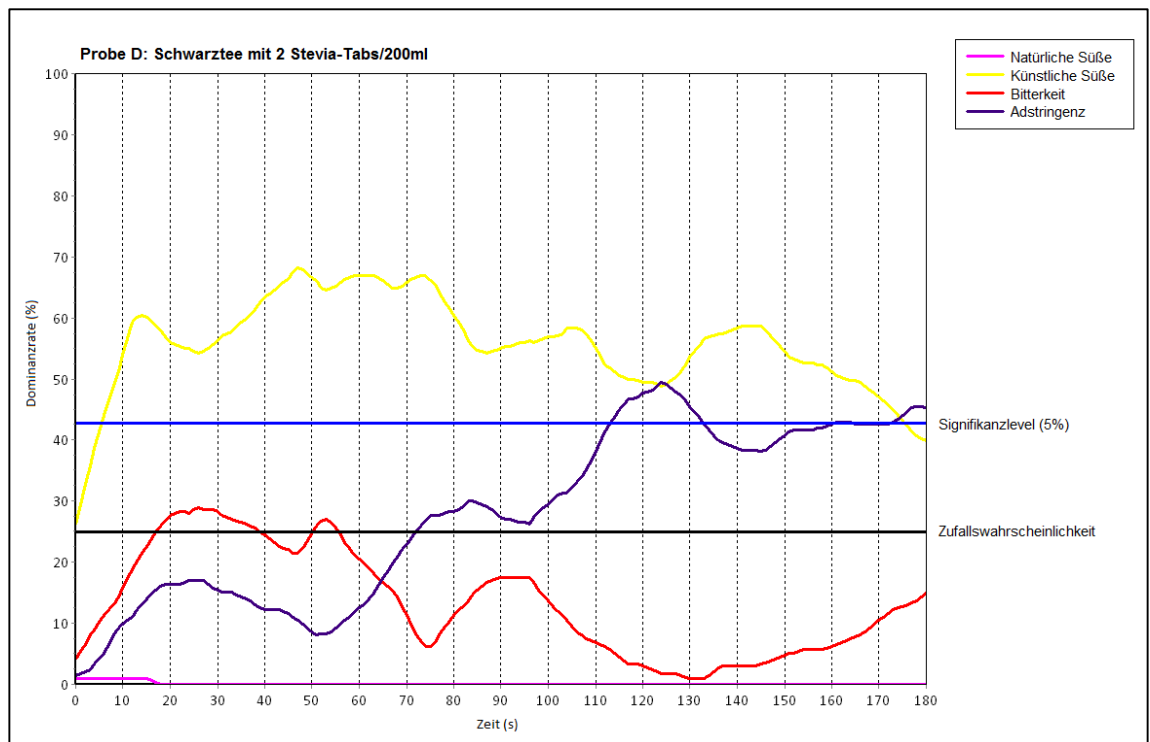


Abbildung 42: TDS-Kurven für die Attribute der Schwarzteeprobe D

Während nahezu der gesamten Verkostung der Schwarzteeprobe mit zwei Stevia-Tabs dominiert die Wahrnehmung von *künstlicher Süße* (maximale Dominanzrate von 68 % nach 47 s). Die Beurteilung des Attributs liegt ab Sekunde 6 über dem Signifikanzniveau ($p < 0,05$). Lediglich in der Sekunde 124 (Dominanzrate von 50 %) und von Sekunde 174 bis 180 (maximale Dominanzrate von 46 % bei 176 s) zeigt das *adstringierende* Mundgefühl eine etwas stärkere, signifikante ($p < 0,05$) Dominanzbewertung.

4.4 Statistischer Vergleich der Methoden QDA, TI und TDS

Mithilfe des paarweisen Vergleichs durch den Mann-Whitney-U-Test (inklusive Bonferroni-Korrektur) wurde überprüft, ob sich die mittleren Intensitäten für die Attribute *natürliche Süße*, *künstliche Süße*, *Bitterkeit* und *Adstringenz* zwischen den Methoden QDA, TI und TDS unterscheiden. Insgesamt liefern die Resultate größtenteils signifikante (korrigiertes α -Niveau = 0,003) Unterschiede. Tabelle 8 zeigt eine Gegenüberstellung der mittleren Intensitätswerte für die Methoden.

Tabelle 6: Mittlere Intensitäten der Attribute (natürliche Süße, künstliche Süße, Bitterkeit, Adstringenz) für die Grün- und Schwarzteeproben A-D; ermittelt durch QDA, TI und TDS

	Natürliche Süße		Künstliche Süße		Bitterkeit		Adstringenz	
Teesorte	Grün	Schwarz	Grün	Schwarz	Grün	Schwarz	Grün	Schwarz
PROBE A								
QDA (Intensität)	0,2	0,6	0,0	0,0	5,3	5,7	4,5	4,4
TI (I _{MAX})	0,0	0,0	0,0	0,0	5,6	6,4	6,7	7,2
TDS (Score)	0,1	0,1	0,0	0,0	3,8	3,4	2,6	3,4
PROBE B								
QDA (Intensität)	7,5	7,6	0,6	0,8	2,1	1,8	3,3	3,5
TI (I _{MAX})	6,4	6,9	0,0	0,0	4,7	4,6	5,8	6,0
TDS (Score)	4,2	4,8	0,0	0,0	1,2	1,5	2,0	2,3
PROBE C								
QDA (Intensität)	7,7	8,3	5,3	4,9	3,0	2,5	4,3	3,9
TI (I _{MAX})	4,5	4,7	5,6	6,0	5,0	4,9	5,7	6,2
TDS (Score)	2,7	3,5	4,9	4,7	2,4	2,8	2,4	3,0
PROBE D								
QDA (Intensität)	1,2	0,6	6,3	5,8	4,2	3,1	4,8	4,9
TI (I _{MAX})	0,0	0,0	6,6	8,1	6,2	6,7	7,0	7,7
TDS (Score)	0,4	0,5	4,8	5,2	3,5	2,9	2,8	3,3

5 Diskussion

In der vorliegenden Masterarbeit wurden Grün- und Schwarzteeproben ungesüßt beziehungsweise unter Verwendung von Zucker oder Stevia mit Hilfe der sensorischen Analysemethoden QDA, TI und TDS evaluiert. Die Veränderungen im Produktprofil sollen in Abhängigkeit von dem verwendeten Süßungsmittel diskutiert werden. Der Schwerpunkt der Analysen liegt auf den Attributen *natürliche Süße*, *künstliche Süße*, *Bitterkeit* und *Adstringenz*. Die Methoden werden in diesem Rahmen auf ihre Vor- und Nachteile bei der Bewertung von Produktvarianten, in denen Zucker durch Stevia ersetzt wurde, überprüft.

Quantitative Deskriptive Analyse:

Das ermittelte Produktprofil der QDA von zusatzfreiem, grünem Tee (siehe Kapitel 4.1.2) ist in der vorliegenden Arbeit charakterisiert durch eine vergleichsweise hohe Ausprägung der *Bitterkeit* und *Adstringenz*. Lea und Arnold (1978) beschrieben die zwei Attribute als sogenannte „Zwillings-Empfindungen“, da nahezu alle phenolischen Verbindungen, die *adstringierend* wirken, auch einen *bitteren* Geschmack hervorrufen. Die Intensitäten beider Merkmale wurden während der QDA ähnlich bewertet (*bitter*: 5,3 Pkt.; *Adstringenz*: 4,5 Pkt.) und bestätigen einen möglichen Zusammenhang mit den Ausführungen von Lea und Arnold (1978).

Des Weiteren stehen die Ergebnisse der QDA im Einklang mit der Studie von Nakagawa et al. (1970). Die Autoren charakterisierten grünen Tee durch eine intensive *Adstringenz* und *Bitterkeit* sowie eine mittlere Ausprägung für die Grundgeschmacksarten *süß* und *umami*. Sie schlugen folgende relative Gewichtung der Eindrücke vor: *Adstringenz*: 4,17; *Bitterkeit*: 3,44; *umami*: 1,42; *süß*: 0,53. Die Analyse der gewählten Grünteeproben liefert in der vorliegenden Arbeit eine ähnliche Bewertung der Geschmacksnoten, wobei die *Bitterkeit* mit 5,3 Punkten etwas ausgeprägter ist. Abweichungen im sensorischen Profil werden in der Regel auf Schwankungen im Gehalt der Inhaltsstoffe zurückgeführt, die durch zahlreiche Faktoren wie zum Beispiel den Anbaubedingungen beeinflusst werden können [UNACHUKWU et al., 2010]. Eine weitere Limitierung ist die individuell abweichende Sinneswahrnehmung der Teilnehmer, die unter anderem durch unterschiedliche Speichelflussraten bedingt sein kann.

Das Produktprofil von schwarzem Tee (siehe Kapitel 4.1.3) zeigt vergleichbare Bewertungen, die sich nicht signifikant von den Intensitäten des Grüntees unterscheiden. Dieser Zusammenhang kann auf einen ähnlichen Gesamtpolyphenolgehalt der Teesorten zurückgeführt werden. Laut den Herstellerangaben auf den Verpackungen der gewählten Teesorten, enthält Grüntee einen Polyphenolgehalt von 190 mg/200 ml und Schwarztee 160 mg/200 ml. Zu einem entsprechenden Ergebnis gelangte Mitter (2002) bei den Untersuchungen kommerzieller Grün- und Schwarztees. Beide Teesorten zeigten im Durchschnitt vergleichbar hohe Gesamtpolyphenolgehalte. Die in Kapitel 2.2.2 beschriebene abweichende Zusammensetzung der Polyphenole scheint lediglich einen Einfluss auf die Ausbildung sortenspezifischer Flavourattribute wie *grün*, *Schwarzteeflavour* und *fermentiert* zu haben. Der weitere Verlauf der Diskussion bezieht sich jeweils auf beide Teesorten, falls nicht anders gekennzeichnet.

Die Verwendung der jeweiligen Süßungsmittel führt zu Veränderungen im Produktprofil der Teeproben. Unabhängig von dem verwendeten Süßungsmittel, zeigen alle gesüßten Proben eine geringere Ausprägung der sortenspezifischen Attribute (*grün/grasig*, *Schwarzteeflavour*, *fermentiert*). Das Hinzufügen von Zucker in den Teeproben B und C führt zu einer signifikant ($p < 0,0001$) höheren Bewertung der Intensität für die *natürliche Süße* im Vergleich zu den Proben A und D. Green et al. (2010) beschrieben die dominierende Eigenschaft der *Süße* von Zucker und ihre unterdrückende Wirkung auf andere Attribute. Diese Beobachtung könnte die veränderte Wahrnehmung der sortenspezifischen Flavournoten erklären. Die *Süße* von Stevia ruft möglicherweise ebenfalls eine Wechselwirkung hervor, da die sortenspezifischen Attribute auch in Probe D eine geringere Ausprägung ausweisen. Es sind weitere Studien nötig, um die Vermutungen zu überprüfen.

Bei genauerer Betrachtung der *natürlichen Süße* wird deutlich, dass die Bewertung der Proben mit einem Stück Würfelzucker und einem Stevia-Tab eine etwas höhere Intensität des Attributs zeigen. Laut Prakash et al. (2008) wirkt sich eine Mischung von Saccharose und Stevia synergistisch auf den *süßen* Geschmack der Probe aus. Die Autoren empfehlen für diesen Effekt eine Abdeckung von 20-80 % der *Süße* durch Rebaudiosid A und des restlichen Anteils durch Zucker. In diesem Zusammenhang bleibt jedoch fraglich, aus welchem Grund Prakash et al. (2008) einen solchen breiten Bereich für den Beitrag von Rebiana angaben. In der vorliegenden Arbeit wurde für Probe C ein Anteil des Süßstoffs

von 50 % gewählt und führte zu einer synergistischen Wirkung auf die Intensität der *natürlichen Süße*. Der Effekt in Proben mit einem alternativen Rebiana-Anteil im Rahmen der Empfehlungen sollte jedoch in weiteren Studien überprüft werden.

Schiffmann et al. (1995) untersuchten ebenfalls binäre Mischung von Saccharose und Rebaudiosid A mit einem jeweils gleichen Anteil an der Süßkraft (beide Substanzen machen jeweils 3 % Saccharoseäquivalenz (SA), 5 % SA oder 7 % SA aus). Die Saccharoseäquivalenzen wurden folgendermaßen definiert: 0,009 % Rebiana $\triangleq$ 3 % Saccharose; 0,020 % Rebiana $\triangleq$ 5 % Saccharose; 0,047 % Rebiana $\triangleq$ 7 % Saccharose. Die binären Mischungen mit 3 % SA führten zu einer Verstärkung des *süßen* Geschmacks und 5 % SA zu additiven bis leicht synergistischen Effekten. Im Gegensatz dazu resultierten 7 % SA in einer Suppression der *Süße*. Die Zusammensetzung der gewählten Teeproben (siehe Kapitel 3.1.2) macht deutlich, dass in der vorliegenden Arbeit die SA etwas anders definiert wurde: 0,06 % Rebiana $\triangleq$ 4 % Saccharose. Vergleicht man den Anteil von Rebaudiosid A in Probe C (0,03 %) mit den Äquivalenzen von Schiffman et al. (1995), liegt der Wert ungefähr im mittleren Dosierungsbereich. Die für diese SA beobachteten synergistischen Effekte stimmen mit der Bewertung von Probe C überein.

Der Einfluss der Süßungsmittel auf das Produktprofil des Tees wird insbesondere an der *Bitterkeit* der Proben deutlich. Keast und Breslin (2002) beschrieben im mittleren bis hohen Konzentrationsbereich *süßer* Substanzen überwiegend suppressive Wirkungen auf *bittere* Komponenten. In Übereinstimmung mit diesen Beobachtungen, wurde der *bittere* Geschmack aller gesüßten Proben im Vergleich zum jeweils ungesüßten Tee mit einer niedrigeren Intensität bewertet. Der Grün- beziehungsweise Schwarztee mit Zucker zeigt jeweils die geringste Ausprägung des Attributs und unterscheidet sich signifikant (korrigiertes Signifikanzniveau: $p < 0,0001$) von der ungesüßten Probe. Wie bereits zuvor erwähnt, ist dieser Effekt auf die unterdrückende Wirkung der *Süße* von Saccharose auf andere Wahrnehmungen zurückzuführen [GREEN et al., 2010].

Für die Verwendung von Stevia-Tabs als Süßungsmittel beschrieben Young und Wilkens (2007a) bei niedriger Dosierung von Rebaudiosid A (≤ 6 % SA $\triangleq$ 0,05 % Rebiana) keine beziehungsweise kaum wahrnehmbare Off-Flavour. Bei höheren Mengen des Süßstoffs (> 6 % SA) steigt laut den Autoren jedoch die Intensität unerwünschter Eindrücke wie der *Bitterkeit*. Aufgrund dieses Zusammenhangs führt Probe D mit dem Anteil 0,06 %

Rebiana zu einer verstärkenden Wahrnehmung des *bitteren* Geschmacks und wirkt dadurch dem beschriebenen Effekt von süßen Substanzen entgegen. Die Einflüsse resultieren in einem geringeren Absinken der *Bitterkeit* im Vergleich zu den restlichen gesüßten Proben.

Die *Bitterkeit* der Teeprobe mit einem Stück Würfelzucker und einem Stevia-Tab liegt zwischen den Bewertungen für die Proben B und D. Dies kann auf die Konzentration Rebianas in dem Tee zurückgeführt werden. Ein Anteil von 0,03% liegt in dem von Young und Wilkens (2007a) beschriebenen Bereich, in dem Off-Flavour nur kaum zu beobachten sind. Dadurch ist der synergistische Einfluss von Rebiana auf den *bitteren* Geschmack in Probe C nicht so stark wie in Probe D. Dies bestätigt darüber hinaus die Erläuterungen von Prakash et al. (2008), laut denen, neben einer synergistischen Wirkung auf die *Süße*, zusätzlich das Produktprofil verbessert und dem von reinem Zucker angepasst wird. Die Intensität der *Bitterkeit* in Schwarzteeprobe C ist signifikant niedriger als in Probe A.

Ein ähnlicher Zusammenhang ist für die Flavourattribute *metallisch*, *lakritzartig* und *künstliche Süße* erkennbar. Diese Eigenschaften zählen zu dem geschilderten Off-Flavour bei höheren Dosierungen Rebianas [YOUNG und WILKENS, 2007a; Saß, 2010]. Ungesüßter, als auch mit Zucker gesüßter Tee zeigt keine bis geringe Wahrnehmungen der Attribute. Probe C und D führen jeweils zu höheren Intensitäten der Flavoureindrücke, wobei die Teeproben mit zwei Stevia-Tabs die stärkste Ausprägung erreichen (signifikante Unterschiede für die *künstliche Süße* beider Teesorten und für den *lakritzartigen* Flavour des Schwarztees bei einem korrigierten α -Niveau von 0,0001).

Das *adstringierende* Mundgefühl der gesüßten Teeproben unterscheidet sich nicht signifikant von der Wahrnehmung des jeweils ungesüßten Tees. Dennoch sind verschiedene Interaktionen zu beobachten. Laut Ares et al. (2009) wirken sich süße Substanzen wie Saccharose maskierend auf den *adstringierenden* Eindruck aus, ähnlich wie es bereits für die *Bitterkeit* gezeigt wurde. Dementsprechend weisen die Proben mit zwei Stück Würfelzucker die geringste Ausprägung der *Adstringenz* auf. Das Süßen mit zwei Stevia-Tabs führt zu einer höheren Intensität des Attributs im Vergleich zum ungesüßten Tee. Tunaley et al. (1987) beobachteten Ähnliches und verwiesen auf eine gesteigerte Wahrnehmung des *adstringierenden* Mundgefühls in Proben mit Stevia. Die

Teeproben mit der Mischung aus Stevia und Saccharose in der vorliegenden Arbeit nähern sich in der Bewertung der *Adstringenz* der Wahrnehmung der jeweiligen Probe mit Zucker an. Die Intensität des Attributs (Probe C) liegt zwischen den Beurteilungen für Probe A und B.

Die Bewertungen des Nachgeschmacks stehen im Einklang mit den restlichen Attributen des Produktprofils. Die Teeproben mit Würfelzucker zeigen im Vergleich zu den anderen Proben signifikant höhere Bewertungen für die *natürliche Süße* eine Minute nach dem Schlucken, die proportional zur verwendeten Menge an Saccharose steigt. Die Ausprägung des Nachgeschmacks für die *künstliche Süße* ist wiederum abhängig von der hinzugefügten Menge an Stevia. Der *bittere* Nachgeschmack zeigt keine signifikanten Unterschiede zwischen den Teeproben. Im Vergleich zu der Bewertung des *bitteren* Geschmacks vor dem Schlucken wird deutlich, dass der Intensitätsunterschied zwischen Probe A und D im Nachgeschmack geringer ausfällt. Dies könnte auf den länger anhaltenden Geschmackseindruck von Rebiana zurückzuführen sein, den Young und Wilkens (2007b) bereits für die *Süße* beobachteten.

Insgesamt ermöglicht die QDA eine simultane Untersuchung aller produktspezifischen Attribute und liefert dadurch ein aufschlussreiches sensorisches Profil der Proben. Da der Einsatz von Stevia-Tabs jedoch zu langanhaltenden Geschmackseindrücken der Proben führt, reicht die statische Beurteilung der QDA nicht aus, um die Produktcharakteristika vollständig zu erfassen [RECH, 2012; YOUNG und WILKENS, 2007b]. Der einzige zeitabhängige Faktor dieser Methode ist die Bewertung des Nachgeschmacks eine Minute nach dem Schlucken. Da jedoch beispielsweise der Zeitpunkt des Schluckens in der Regel nicht genau fixiert ist, entstehen dadurch nur ungenaue Ergebnisse. Außerdem werden sensorische Veränderungen in der Zeitspanne bis zur Bewertung des Nachgeschmacks und im Anschluss daran nicht bewertet, obwohl die Ergebnisse von Young und Wilkens (2007b) zeigten, dass Rebiana selbst nach drei Minuten eine deutliche Wahrnehmung von Süße auslöst. Aus diesem Grund ist eine zusätzliche Untersuchung mittels dynamischer Methoden wie zum Beispiel TI und TDS nötig, um ein möglichst vollständiges, sensorisches Profil der Teeproben zu gewährleisten.

Zeit-Intensitätstest:

Bedingt durch den hohen Zeitaufwand der TI-Analyse wurde der Fokus der dynamischen Methoden auf die Attribute *natürliche Süße*, *künstliche Süße*, *Adstringenz* und *Bitterkeit* gerichtet. Die TI-Kurven des zusatzfreien, grünen und schwarzen Tees (siehe Kapitel 4.2) sind erneut geprägt von einer hohen Intensität der *Bitterkeit* und *Adstringenz*. Beide Bewertungen zeigen ähnliche Maximalwerte, wobei diesmal die *Adstringenz* ausgeprägter ist als der *bittere* Geschmack. Dies kann darauf zurückgeführt werden, dass die Wahrnehmung der *Adstringenz* von der Dauer abhängt, während derer sich die Probe vor dem Schlucken im Mund befindet. Laut Valentová et al. (2002) brauchen *adstringierende* Substanzen mindestens 10-15 Sekunden, um mit den entsprechenden Rezeptoren zu interagieren. Je später die Probe geschluckt wird, desto höhere Bewertungen des Intensitätsmaximums ergeben sich. Zusätzlich kann ein verlängertes Anhalten der *Adstringenz* beobachtet werden. Im Zuge des Zeit-Intensitätstest wurden die Proben erst nach 60 Sekunden geschluckt und resultieren somit in einer höheren Ausprägung der *Adstringenz* im Vergleich zu den Beobachtungen der QDA (eine Steigerung um 49 % für Grüntee und um 64 % für Schwarztee).

Die Verwendung der Süßungsmittel führt zu unterschiedlichen Zeit-Intensitätskurven der einzelnen Attribute. Young und Wilkens (2007b) untersuchten das dynamische Verhalten des *süßen* Geschmacks unter anderem in einer wässrigen Lösung von Rebiana (0,05 %) und Zucker (8 %) für die Dauer von drei Minuten. Es wurde deutlich, dass Saccharose das Intensitätsmaximum für die *Süße* bereits nach 10 Sekunden erreicht und Rebaudiosid A verzögert nach 20 Sekunden mit einem längeren Anhalten der Empfindung. Zu einem ähnlichen Resultat kam Rech (2012), wobei die Maximalwerte nach 15 (Saccharose: 10 %) und 40 Sekunden (Rebiana: 0,06 %) eintraten. In der vorliegenden Arbeit wurde die *süße* Wahrnehmung getrennt nach den natürlichen und künstlichen Charakteristika evaluiert. Die *natürliche Süße* wird in den Proben B und C proportional zur verwendeten Menge an Saccharose und die *künstliche Süße* in den Proben C und D entsprechend der Dosierung von Stevia hervorgerufen. Ähnlich zu den Ergebnissen von Rech (2012) erreicht die *natürliche Süße* eine maximale Intensität nach 17-20 Sekunden und die *künstliche Süße* verzögert nach etwa 35 Sekunden. Der Verlauf der TI-Kurven bestätigt, dass Rebiana eine länger anhaltende Wahrnehmung der *Süße* hervorruft.

Die Bewertung der *künstlichen Süße* weist bei genauer Betrachtung Unterschiede zwischen den zwei Teesorten auf. Der Intensitätsanstieg des Attributs für die Grünteeproben C und D verhält sich ähnlich zum Verlauf der *Bitterkeit* und *Adstringenz*. Im Gegensatz dazu sind die jeweiligen Schwarzteeproben durch einen höheren und steileren Anstieg der Intensitäten für *künstliche Süße* charakterisiert. Die Maximalwerte für das Attribut zwischen den Schwarz- und Grünteeproben D, sowie zwischen den Schwarzteeproben C und D, unterscheiden sich signifikant (korrigiertes Signifikanzniveau: $p < 0,003$) und könnten auf die Inhaltsstoffe zurückzuführen sein. Aufgrund der unterschiedlichen, sortenspezifischen Herstellungsprozesse resultieren die Tees in einer abweichenden Zusammensetzung der Polyphenole [CHATURVEDULA und PRAKASH, 2011]. Dadurch können möglicherweise Interaktionen von Rebiana mit den Komponenten des Schwarztees entstehen, die von den Vorgängen in grünem Tee abweichen und zu einer Verstärkung der *künstlichen Süße* führen. Zur Überprüfung solcher Zusammenhänge ist jedoch die Durchführung weiterer Studien nötig.

Die Beurteilungen der *Bitterkeit* und *Adstringenz* zeigen ebenfalls leichte Unterschiede zwischen den Teesorten. Laut Guinard et al. (1995) erreicht der *bittere* Geschmack seine maximale Wahrnehmung verzögert nach der *Süße*. In Übereinstimmung dazu erreichen die Grünteeproben die stärkste Ausprägung der *Bitterkeit* später, nach durchschnittlich 33 Sekunden. Die Intensitätsmaxima des *bitteren* Geschmacks der einzelnen Proben stehen erneut in Übereinstimmung mit den Ausführungen von Young und Wilkens (2007a). Ähnlich zu den Beobachtungen der QDA, führt Probe B zur geringsten und Probe D zu einer höheren maximalen Ausprägung des Attributs. Probe C liegt zwischen den Bewertungen von Probe B und D. Im Gegensatz zum Ergebnis der QDA zeigt der Grüntee mit zwei Stevia-Tabs während der TI-Analyse eine stärkere Ausprägung der *Bitterkeit* als der ungesüßte Tee. Diese Abweichung könnte auf das mit der Methode in Verbindung gebrachte Risiko von halo-dumping Effekten zurückzuführen sein [CLARK und LAWLESS, 1994]. Dadurch ist es möglich, dass andere Attribute wie die durch Stevia hervorgerufenen Off-Flavour mit in die Bewertung der *Bitterkeit* einfließen.

Das *adstringierende* Mundgefühl der Grünteeproben zeigt eine ähnliche Bewertung wie der *bittere* Geschmack, wobei die maximale Intensität jeweils etwas verzögert erreicht wird und in einem stärker ausgeprägten, länger anhaltenden Eindruck resultiert. Wie bereits zuvor erwähnt, ist dies auf das späte Schlucken der Probe zurückzuführen, das

einen höheren Maximalwert und ein verlängertes Anhalten des Attributs bewirkt. Im Gegensatz zu den anderen Attributen ist die Dauer der *Adstringenz* jedoch nicht proportional zur I_{MAX} , sondern zur verwendeten Stevia-Dosierung. In Probe A und B endet die Wahrnehmung des Attributs etwa zur selben Zeit. Die Dauer des *adstringierenden* Mundgefühls in den Proben C und D hält länger an und ist proportional zu den hinzugefügten Stevia-Tabs. Dies steht in Übereinstimmung mit der für Stevia bereits beschriebenen erhöhten Intensität der *Adstringenz* und dem länger anhaltenden Nachgeschmack [TUNALEY et al., 1987; YOUNG und WILKENS, 2007b].

Abweichend von den Evaluierungen der QDA zeigen die TI-Kurven eine geringere Ausprägung der *Adstringenz* in Probe C als in Probe B. Dies lässt auf zusätzliche Wechselwirkungen zwischen Saccharose und Rebiana schließen, die bei längerem Verweilen im Mund bis zum Schlucken entstehen könnten. Der Sachverhalt spricht für das von PRAKASH et al. (2008) beschriebene verbesserte Flavour- und Zeitprofil von Mischungen aus Zucker und Stevia. Die *natürliche Süße* und *Bitterkeit* der Probe C zeigen ebenfalls ein Zeitprofil, das im Vergleich zu den restlichen Proben der Wahrnehmung von Grüntee mit Saccharose am nächsten kommt. Die *künstliche Süße* zeigt eine vergleichsweise hohe Ausprägung, auch wenn die Bewertung niedriger ausfällt als für Probe D. Folglich wird deutlich, dass sich der Verlauf der TI-Kurven durch Zusatz von einem Stück Würfelzucker und einem Stevia-Tab nur bedingt an die Eigenschaften von Probe B anpasst.

Die Schwarzteeproben zeigen insgesamt vergleichbare Ergebnisse für die *Bitterkeit* und das *adstringierende* Mundgefühl. Allerdings wird das Intensitätsmaximum der zwei Attribute in den Proben C und D etwas früher erreicht als in den Proben A und B. Bei genauer Betrachtung der verschiedenen TI-Kurven wird deutlich, dass die Ursache in dem unterschiedlichen Anstieg der *künstlichen Süße* für die Teesorten liegen könnte. Durch die höhere und steilere Steigung der Intensität in den Schwarzteeproben C und D, wird die *künstliche Süße* deutlich früher wahrnehmbar, als die *Bitterkeit* oder *Adstringenz*. Wie bereits zuvor erwähnt, kann die gleichzeitige Bewertung von nur einem Attribut zu halo-dumping Effekten führen. Durch den Einfluss der stärkeren Steigung der *künstlichen Süße* ist es möglich, dass der *bittere* Geschmack und das *adstringierende* Mundgefühl fälschlicherweise früher bewertet wurden.

Die maximale Intensität der *Bitterkeit* für die Schwarzteeproben zeigt im Gegensatz zu Grüntee erneut ähnliche Verhältnisse zu den Beobachtungen in der QDA. Eine weitere Abweichung des schwarzen Tees stellt die längere Wahrnehmung der *Adstringenz* in Probe C als in Probe D dar, wobei diese Veränderung auf den Umgang mit dem Messprogramm zurückzuführen ist. Die Panellisten berichteten von der erschwerten Handhabung mit der Computermouse, die bei geringen Intensitätswerten verrutschen kann und dadurch ein verfrühtes Abbrechen der Analyse zur Folge hat. In der Messreihe des schwarzen Tees beendete auf diese Weise ein Panellist die Analyse der Probe D vorzeitig. Da das Softwareprogramm jedoch keine Veränderungen oder Ausschlüsse gewisser Zeitspannen im Nachhinein zulässt und die Messung ansonsten ohne weitere Probleme verlief, wurde das Ergebnis trotzdem in die Gesamtbeurteilung eingeschlossen.

Alle Attribute der Schwarzteeproben zeigen im Vergleich zu Grüntee ein durchschnittlich verzögertes Erreichen der I_{MAX} und einen etwas länger anhaltender Nachgeschmack. Folglich ist erneut zu beobachten, dass die unterschiedliche Zusammensetzung der Teesorten möglicherweise zu abweichenden Wechselwirkungen zwischen den Substanzen und den Rezeptoren führt und dadurch einen Einfluss auf die zeitliche Wahrnehmung von Attributen ausübt.

Insgesamt bietet der Zeit-Intensitätstest eine gute Möglichkeit, um die zeitabhängigen, sensorischen Veränderungen in den Proben wiederzugeben. Trotzdem ist der Versuchsaufbau sehr zeitaufwändig und impliziert dadurch eine Bewertung von nur wenigen Attributen. Die lange Dauer der Messungen stellt ebenfalls eine Herausforderung für die Panellisten dar. Die Ausbildung von halo-dumping Effekten erwies sich als ein wesentlicher Nachteil der Methode, da dadurch eine korrekte Bewertung der sensorischen Veränderungen erschwert wird. Die Evaluierung aller Attribute auf einmal während einer TDS-Analyse soll diese Beeinflussung senken und gleichzeitig einen schnelleren Versuchsablauf ermöglichen.

Temporal Dominance of Sensations:

Die TDS-Analyse (siehe Kapitel 4.3) verdeutlicht die Wahrnehmungen und qualitativen Veränderungen während der Verkostung der Proben. Die ungesüßten Grün- und Schwarztees zeigen zu Beginn der Messung einen signifikant ($p < 0,05$) dominierenden Eindruck der *Bitterkeit*, der jedoch nach dem Schlucken von dem *adstringierenden*

Mundgefühl abgelöst wird und bis zum Ende der Analyse eine hohe Dominanzrate aufweist. Für die Erklärung der *adstringierenden* Wahrnehmung wurden verschiedene Theorien erstellt. Eine davon besagt, dass die Polyphenole Speichelproteine präzipitieren und dadurch die Reibung der Mundoberflächen erhöhen. Die Bewegung der Zungen aktiviert anschließend Mechanorezeptoren, die das Auslösen der Empfindung hervorrufen [LYMAN und GREEN, 1990]. Nach dem Schlucken ist die direkte Kontaktfläche ohne die gleitende Oberfläche des Tees zwischen Zunge und Gaumen erhöht. Dieser Zusammenhang könnte den dominierenden Eindruck der *Adstringenz* ab 60 Sekunden erklären. Wie bereits beschrieben, werden die *Adstringenz* und der *bittere* Geschmack auch als „Zwillings-Empfindungen“ bezeichnet [LEA und ARNOLD, 1978]. Beide Attribute wurden in der QDA ähnlich bewertet und zeigen ebenso einen vergleichbaren Verlauf der TI-Kurven. In Bezug auf die Dominanz ist jedoch eine deutlich abweichende Empfindung erkennbar. Außerdem führt die unterschiedliche Zusammensetzung der Teesorten zu Beginn der Messung zu einem stärkeren Anstieg der *adstringierenden* Dominanzrate des Schwarztees im Vergleich zum grünen Tee.

Nach dem Süßen der Grün- und Schwarzteeproben mit Zucker ist für beide Teesorten ein ähnlicher Verlauf der TDS-Kurven zu beobachten. Wie zuvor beschrieben, senkt die *natürliche Süße* das Empfinden der *Bitterkeit* und *Adstringenz*. Dieser Einfluss macht sich auch in den Dominanzraten bemerkbar. Zu Beginn der Verkostung ist eine signifikant ($p < 0,05$) dominierende Wahrnehmung der *natürlichen Süße* zu erkennen, wobei der *bittere* Geschmack und das *adstringierende* Mundgefühl nur sehr geringe DR aufweisen. Der Zeit-Intensitätstest zeigte bereits, dass die *natürliche Süße* ihr Intensitätsmaximum vergleichsweise früh erreicht und schnell abklingt, wohingegen die Intensität der *Adstringenz* verzögert steigt und in einem länger anhaltenden Eindruck resultiert. Demgegenüber sinken auch die DR der *natürlichen Süße* früher im Zeitverlauf, wobei die Kurve der *Adstringenz* steigt und bis zum Versuchsende das signifikant dominierende Attribut bleibt.

Für beide Teesorten resultiert das gleichzeitige Hinzufügen von Zucker und Stevia zu einem veränderten Zeitprofil der Dominanzraten. Wie bereits in Probe B scheint die Saccharose zu Beginn der Messung eine geringe DR der *Bitterkeit* und *Adstringenz* zu bewirken. Diesmal interagiert jedoch die Wahrnehmung der *künstlichen* mit der *natürlichen Süße* und ergibt eine signifikante ($p < 0,05$) Dominanz der ersteren. Diese

Beobachtung zeigt, dass das Ziel einer sensorischen Anpassung an das Produktprofil von Zucker durch das Mischen der Süßungsmittel nur bedingt erfolgreich ist, da der dominante Eindruck auf der *künstlichen Süße* verbleibt. Während der TI-Analyse zeigten sowohl die *Adstringenz* als auch die *künstliche Süße* einen langanhaltenden Eindruck. Das dominierende Attribut am Ende der TDS-Analyse ist in Probe C hingegen die *Adstringenz*.

Das Süßen des grünen Tees mit zwei Stevia-Tabs führt zu ähnlichen, signifikanten ($p < 0,05$) DR wie für Probe C, wobei diesmal die *künstliche Süße* länger als dominant bewertet wird. Durch das Fehlen der Saccharose fällt die hemmende Wirkung auf die *Bitterkeit* und *Adstringenz* zu Beginn des Versuchs ebenfalls etwas geringer aus und resultiert in etwas höheren DR. Die Schwarzteeprobe D zeigte bereits im Zeit-Intensitätstest eine signifikant ($p < 0,05$) höhere Ausprägung der *künstlichen Süße* im Vergleich zum Grüntee. Dieser Zusammenhang könnte die veränderten TDS-Kurven der Schwarzteeprobe erklären, denn diesmal ist eine fast durchgehende signifikante ($p < 0,05$) Dominanz der *künstlichen Süße* zu erkennen. Die DR der *Adstringenz* steigt zwar erneut zum Ende hin, erreicht jedoch nur kurz eine höhere Bewertung als die *künstliche Süße*. Obwohl die *Adstringenz* bisher in allen Proben das dominierende Attribut am Ende der Messung war, scheint die hohe Wahrnehmung der *künstlichen Süße* im Schwarztee diesen Eindruck zu hemmen.

Insgesamt liefert die TDS-Methode einen guten ergänzenden Einblick in die Interaktionen zwischen den einzelnen Attributen und den daraus bedingten qualitativen Veränderungen der sensorischen Wahrnehmungen. Obwohl eine gleichzeitige Bestimmung des TDS-Scores möglich ist, kann die Methode aufgrund der Beurteilung von nur dominanten Eigenschaften kein vollständiges Zeit-Intensitäts-Profil liefern. Die Panellisten können weiterhin nur eine begrenzte Auswahl an Attributen gleichzeitig beurteilen, sodass eine Erfassung aller produktspezifischen Eigenschaften nicht möglich ist. Unter Einbeziehung aller Vor- und Nachteile der verwendeten Analysemethoden QDA, TI und TDS ist aufgrund ihrer ergänzenden Eigenschaften, eine kombinierte Anwendung der Verfahren zu empfehlen.

Statistischer Vergleich der Methoden:

Der paarweise Vergleich der mittleren Intensitäten zwischen den Methoden QDA, TI und TDS zeigt signifikante (korrigiertes Signifikanzniveau: $p < 0,003$) Unterschiede. Diese lassen sich durch die abweichenden Rahmenbedingungen der Prüfungen erklären. Im Zuge der Quantitativen Deskriptiven Analyse wurden, wie bereits erläutert, lediglich Durchschnittswerte der Intensitäten zu einem nicht genau festgelegten Zeitpunkt angegeben. Die TI-Kurven liefern für den Methodenvergleich maximale Intensitäten der Attribute. Im Unterschied dazu resultiert die TDS-Analyse, anhand des TDS-Scores, erneut in einem Durchschnittswert der Intensitäten. Die Score-Werte basieren in dem Fall jedoch auf einer Berechnung aus den angegebenen Intensitäten (zum Zeitpunkt der Dominanz) und der Dauer, in der das jeweilige Attribut als dominant bewertet wurde. Dadurch ergeben sich insgesamt geringere mittlere Intensitäten.

Zusammenfassend wird deutlich, dass die Intensitäten der drei Methoden nicht denselben Parameter darstellen und folglich signifikant ($p < 0,003$) unterschiedliche Werte liefern. Obwohl die Ergebnisse nur begrenzt vergleichbar sind, liefern sie dennoch ähnliche Zusammenhänge in Bezug auf die einzelnen Attribute und Teeproben (Beispiel: Probe D zeigt durchgehend die höchsten Bewertungen für die *künstliche Süße*).

Kritische Methodenreflexion:

Anhand der Ergebnisse ist zu erkennen, dass die komplexe Zusammensetzung der gewählten Proben eine Vielzahl an Wechselwirkungen zwischen den Komponenten, Rezeptoren und Transduktionsmechanismen zur Folge hat. Die Veränderungen im Produkt-/Zeitprofil erfolgen in Abhängigkeit von den verwendeten Süßungsmitteln, zum Teil aber auch von den verwendeten Teesorten. Es ist auf die starke Matrixabhängigkeit zu verweisen, sodass die Beobachtungen nicht auf andere Produktgruppen übertragbar sind.

Im Hinblick auf die statistische Durchführung ist zu beachten, dass nur eine kleine Stichprobe zur Verfügung stand. Durch das zusätzliche multiple Testproblem und die darauf folgende Korrektur des α -Fehlers, konnten nur wenige statistisch signifikante Ergebnisse erreicht werden. Für zukünftige Evaluierungen ist anzuraten eine größere Anzahl von Panellisten einzubeziehen, um Unterschiede zwischen den Proben besser feststellen zu können.

Eine weitere Limitierung stellt die Handhabung des Softwareprogramms FIZZ dar. Die Probanden wiesen die bereits beschriebenen Schwierigkeiten mit der Steuerung der Computermouse auf. Dieses Problem könnte möglicherweise durch längere Schulungen reduziert werden, wobei ein vollständiges Eliminieren unwahrscheinlich erscheint. Die fehlende Möglichkeit die daraus entstehenden Abweichungen im Zeitverlauf anschließend zu bearbeiten, stellt eine weitere Einschränkung des Programms dar. Die einzige Option besteht in der vollständigen Löschung der Daten für die jeweilige Prüfperson, auch wenn die Werte bis auf den Ausreißer repräsentativ sind. Dadurch ergibt sich das Problem einer noch kleineren Stichprobe und einer sinkenden statistischen Aussagekraft der Untersuchung.

6 Schlussbetrachtung

Ein gesteigertes Gesundheitsbewusstsein der Verbraucher führte in den letzten Jahren zu einer wachsenden Bevorzugung von kalorienreduzierten Lebensmitteln, in denen Zucker durch nicht-kalorische Süßstoffe ersetzt wurde [SAß, 2010; WAFG, 2013]. Im November 2011 wurde am europäischen Markt ein weiteres Süßungsmittel unter der E-Nummer 960 zugelassen. Es handelt sich um den natürlichen, hoch-intensitven Süßstoff „Stevia“ (Zusammensetzung: Steviolglycoside der Pflanze *Stevia rebaudiana* Bertoni) [EFSA, 2014].

Stevia ermöglicht die Entwicklung von Innovationen in verschiedenen Lebensmittelbranchen, wie zum Beispiel der Erfrischungsgetränke [WAFG, 2013]. Ziel ist es kalorienreduzierte Produkte zu entwickeln, die vergleichbare sensorische Charakteristika auslösen wie mit Saccharose [MALIK et al., 2002]. Auf Grund der unerwünschten Flavournoten und des langanhaltendem Nachgeschmacks von Stevia werden Mischungen mit anderen Süßungsmitteln nicht-kalorischer oder kalorischer Natur bevorzugt, da sie sich positiv auf die sensorischen Merkmale Stevias auswirken und eine Verstärkung des süßen Geschmacks hervorrufen [PRAKASH et al., 2008].

In der vorliegenden Masterarbeit werden die drei sensorischen Analysemethoden QDA, TI und TDS auf ihre Vor- und Nachteile bei der Bewertung von Produktvarianten, in denen Zucker durch Stevia ersetzt wurde, überprüft. Als Modellbeispiel wurde Tee aufgrund dessen steigenden Beliebtheit gewählt. Das Genussmittel ist nach Wasser das am zweithäufigsten konsumierte, nicht alkoholische Getränk [KATIYAR und MUKHTAR, 1996]. Zur Unterscheidung von sortenspezifischen Variationen wurden Grün- und Schwarztee in insgesamt vier verschiedenen Zusammensetzungen verwendet:

- A: Tee ohne Zusätze
- B: Tee mit zwei Stück Würfelzucker (Anteil von 4 % Saccharose)
- C: Tee mit einem Stück Würfelzucker und einem Stevia-Tab (Anteil von 2 % Saccharose und 0,03 % Rebaudiosid A)
- D: Tee mit zwei Stevia-Tabs (Anteil von 0,06 % Rebaudiosid A)

In Abhängigkeit von der verwendeten Süßungsart sollen die Veränderungen im Produktprofil beurteilt werden. Der Schwerpunkt der Analysen liegt auf den Attributen *natürliche Süße, künstliche Süße, Bitterkeit* und *Adstringenz*.

Die **Quantitative Deskriptive Analyse** liefert für beide Teesorten vergleichbare Ergebnisse. Insgesamt können durch die Anwendung der verschiedenen Süßungsmittel signifikante (Bonferroni korrigiertes α -Niveau = 0,0001) Veränderungen der Attribute *natürliche Süße*, *bitter*, *künstliche Süße* und für den Nachgeschmack der *natürlichen* und *künstlichen Süße* beobachtet werden.

Die Teeproben B (mit zwei Stück Würfelzucker) und C (mit einem Stück Würfelzucker und einem Stevia-Tab) führen zu einer signifikant ($p < 0,0001$) höheren Bewertung der Intensität für die *natürliche Süße* im Vergleich zu den Proben A (ohne Zusätze) und D (mit zwei Stevia-Tabs). Probe B weist eine signifikant ($p < 0,0001$) geringere Ausprägung des *bitteren* Geschmacks auf als Probe A. Bei der Evaluierung der Schwarzteeproben ist zusätzlich eine signifikant ($p < 0,0001$) niedrigere Intensität des Attributs für Probe C im Vergleich zu Probe A zu erkennen.

Die Proben C und D zeigen proportional zur Stevia-Dosierung signifikant ($p < 0,0001$) höhere Ausprägungen für die *künstliche Süße* und den Nachgeschmack des Attributs im Vergleich zu den Proben A und B. Die Beurteilung des Nachgeschmacks für die *natürliche Süße* verhält sich proportional zum verwendeten Zuckeranteil mit einem signifikant ($p < 0,0001$) höheren Wert der Probe B im Vergleich zu den Proben A und D. Probe C erreicht ebenfalls eine signifikant ($p < 0,0001$) stärkere Ausprägung im Vergleich zu Probe A (und D für den Schwarztee). Der ungesüßte, fermentierte Tee zeigt zusätzlich eine signifikant ($p < 0,0001$) niedrigere Intensität der *natürlichen Süße* im Nachgeschmack als Probe D.

Neben den Veränderungen der beschriebenen Attribute weist der Schwarztee im Vergleich zum grünen Tee zusätzlich signifikante ($p < 0,0001$) Unterschiede für das *lakritzartige* Flavourattribut auf. Probe D zeigt eine signifikant ($p < 0,0001$) stärkere Ausprägung des Attributs im Vergleich zu Probe A und B. Probe C wird in dem Fall nur signifikant ($p < 0,0001$) höher bewertet als Probe A.

Im Zuge der **TI-Analyse** ergibt die statistische Bewertung der maximalen Intensitäten signifikante (Bonferroni korrigiertes α -Niveau = 0,003) Veränderungen für die *natürliche* und *künstliche Süße* der Grün- und Schwarzteeproben je nach verwendetem Süßungsmittel. Die *natürliche Süße* zeigt proportional zum Zuckeranteil signifikant ($p < 0,003$) höhere I_{MAX} -Werte der Proben B und C im Vergleich zu den restlichen zwei

Proben. Ähnliche Beobachtungen konnten mit der *künstlichen Süße* gemacht werden, die proportional zur verwendeten Stevia-Dosierung eine signifikant ($p < 0,003$) stärkere Ausprägung in den Proben C und D aufweist als in den Proben A und B. Darüber hinaus wird dieses Attribut in Schwarzteeprobe D signifikant ($p < 0,003$) höher bewertet als in Probe C. Der paarweise Vergleich der evaluierten Intensitätswerte der Grün- und Schwarzteeproben zeigt ebenfalls, dass die *künstliche Süße* in Schwarzteeprobe D signifikant ($p < 0,003$) höher ausgeprägt ist als in Grünteeprobe D.

Ergänzend zur statistischen Analyse erkennt man an den TI-Kurven, dass die maximale Intensität der *künstlichen* im Vergleich zur *natürlichen Süße* später einsetzt und einen länger anhaltenden Eindruck erzeugt. Die höchste Ausprägung der *Bitterkeit* wird etwa zeitgleich zur *künstlichen Süße* erreicht (die Dauer der Wahrnehmung ist jedoch etwas kürzer) und das *adstringierende* Mundgefühl braucht am längsten um den I_{MAX} -Wert zu erreichen und anschließend abzuklingen.

Die statistische Bewertung der TDS-Score-Werte ergibt ähnliche signifikante (Bonferroni korrigiertes α -Niveau = 0,003) Veränderungen für die *natürliche* und *künstliche Süße* wie sie bereits in der TI-Analyse beobachtet wurden. Zusätzlich zeigt die Grünteeprobe B eine signifikant niedrigere Ausprägung der *Bitterkeit* als die Probe A. Der Schwerpunkt der **TDS-Analyse** liegt jedoch auf der Beurteilung der Attribute nach ihrer dominierenden Wahrnehmung. Insgesamt zeigen alle Dominanzraten im Zeitverlauf signifikante ($p < 0,05$) Übereinstimmungen des Panels für beide Teesorten.

Zu Beginn der Verkostung des ungesüßten Tees wird der *bittere* Geschmack als dominierend wahrgenommen und nach dem Schlucken (60 s) von dem *adstringierenden* Mundgefühl abgelöst. Durch die verschiedenen Süßungsmittel wird insbesondere die erste Empfindung verändert und mündet zum Ende hin immer in die Dominanz der *Adstringenz*, auch wenn diese im Vergleich zur Probe A später erfolgt. Das Süßen mit Saccharose zeigt zu Beginn der Verkostung eine signifikante Übereinstimmung des Panels für den dominierenden Eindruck der *natürlichen Süße*. In den Proben C und D erfolgt diese Bewertung für die *künstliche Süße*, wobei das Attribut in der Grünteeprobe D für einen längeren Zeitraum und in der Schwarzteeprobe D fast ausschließlich als dominant empfunden wird.

Aus den Ergebnissen wird deutlich, dass in der untersuchten Matrix durch die Mischung von Stevia und Saccharose sensorische Charakteristika entstehen, die sich an die Eigenschaften der Proben mit Zucker annähern. Die *künstliche Süße* ist allerdings noch immer stark ausgeprägt und wird zu Beginn der Verkostung als die dominierende Empfindung wahrgenommen. Das Mischen von Stevia mit anderen Süßungsmitteln oder in einem alternativen Verhältnis könnte sich positiv auf das Attribut auswirken. Darüber hinaus bildet der Einsatz von Aromastoffen eine weitere Strategiemöglichkeit zur sensorischen Verbesserung. Für natürliche Aromen aus der Wild Resolver®-Technologie wurde beispielsweise eine signifikante Senkung des bitteren Geschmacks und Steigerung der natürlichen Süße gezeigt [SAß, 2010]. Die Überprüfung der Strategien erfordert jedoch die Durchführung weiterer Studien.

7 Zusammenfassung

Ein aktueller Trend der Lebensmittelindustrie zeigt die vermehrte Herstellung von Produkten, deren Saccharosegehalt durch nicht-kalorische Süßungsmittel wie Stevia ersetzt wird. Das sensorische Profil von Stevia weist neben der langanhaltenden Süße jedoch unerwünschte Off-Flavour auf. Mischungen des Süßstoffs mit Saccharose sollen sich positiv auf das Produktprofil auswirken. In der vorliegenden Arbeit wurden die durch Stevia bedingten sensorischen Veränderungen anhand des Modellprodukts Tee (Sorten: Schwarz-, Grüntee) untersucht. Es wurden jeweils vier Proben hergestellt:

- A: Tee ohne Zusätze
- B: Tee mit zwei Stück Würfelzucker (Anteil von 4 % Saccharose)
- C: Tee mit einem Stück Würfelzucker und einem Stevia-Tab (Anteil von 2 % Saccharose und 0,03 % Rebaudiosid A)
- D: Tee mit zwei Stevia-Tabs (Anteil von 0,06 % Rebaudiosid A)

Aufgrund des langanhaltenden Geschmackseindrucks von Stevia wurde sowohl die statische Analysemethode QDA (10 bzw. 12 Panellisten), als auch die dynamischen Verfahren TI (9 Panellisten) und TDS (8 Panellisten) angewandt und auf ihre Vor- und Nachteile bei der Bewertung überprüft. Die anschließende statistische Untersuchung erfolgte überwiegend mittels Mann-Whitney-U-Test (inklusive Bonferroni-Korrektur).

Die Ergebnisse der **QDA** bestätigen, dass das Süßen der Teeproben mit Stevia zu einer stärkeren Ausprägung unerwünschter Off-Flavour führte als unter der Verwendung von Zucker. Beide Teesorten wiesen mit dem Süßstoff eine signifikant ($p < 0,0001$) höhere Intensität der *künstlichen Süße* auf. Für die Schwarzteesorte ergab sich zusätzlich eine signifikant ($p < 0,0001$) höhere Intensität des *lakritzartigen* Flavours. Die Teeproben mit Zucker zeigten im Gegensatz dazu eine signifikant ($p < 0,0001$) höhere Ausprägung des Attributs *natürliche Süße* als jeweils die anderen zwei Proben. Die **TI**-Kurven verdeutlichen ergänzend, dass die maximale Intensität der *künstlichen Süße* im Vergleich zur *natürlichen Süße* später einsetzte und einen länger anhaltenden Eindruck erzeugte.

Während der **TDS**-Analyse der Proben mit Stevia zeigten die Panellisten außerdem eine signifikante ($p < 0,05$) Übereinstimmung über den zunächst dominierenden Eindruck der *künstlichen Süße* und anschließend der *Adstringenz*. Im Vergleich dazu wiesen die Proben

mit Zucker zu Beginn der Verkostung eine signifikant ($p < 0,05$) dominierende Wahrnehmung der *natürlichen Süße* auf.

Das Süßen der Tees mit einer Mischung aus Stevia und Saccharose führte zu sensorischen Charakteristika, ähnlich jenen Tees, die ausschließlich mit Zucker gesüßt wurden. Die *künstliche Süße* blieb allerdings noch immer stark ausgeprägt und wurde zu Beginn der Verkostung als die dominierende Empfindung wahrgenommen.

In Zusammenschau aller Ergebnisse liefern die Methoden QDA, TI und TDS ergänzende Informationen, die in Kombination ein umfassendes Produktprofil ergeben.

8 Summary

A current trend in the food industry shows an increased production of products, whose sucrose content is substituted by calorie-free sweeteners such as stevia. Unfortunately, stevia exhibits undesirable flavours in high concentrations and a long-lasting sweetness. Apparently, a mixture of stevia and sucrose is supposed to improve the profile of the product. In the present thesis sensory changes of the model product tea (black and green tea) with and without stevia were evaluated. Four samples were created:

- A: Tea without additives
- B: Tea with two cubes of sugar (4 % sucrose)
- C: Tea with one cube of sugar and one tab of stevia (2 % sucrose, 0,03 % rebaudioside A)
- D: Tea with two tabs of stevia (0,06 % rebaudioside A)

Since stevia has a long lasting sensation of taste the static method QDA (10 or 12 panel lists), as well as the dynamic methods TI (9 panel lists) and TDS (8 panel lists) were used for the evaluation of the created samples and also assessed regarding their pros and cons. As a statistical method the Mann-Whitney-U test was predominantly applied (Bonferroni corrected alpha niveau).

The QDA results confirm that tea sweetened with stevia leads to stronger off-flavour notes. Both tea varieties with stevia showed a significantly ($p < 0.0001$) higher intensity of *artificial sweetness*. Additionally, the black tea samples indicated a significantly ($p < 0.0001$) higher intensity of *liquorice-like* flavour. In contrast, teas with sugar demonstrated a significantly ($p < 0.0001$) higher evaluation of *natural sweetness*. The time intensity curves display that *artificial sweetness* reached its maximum intensity later, but subsequently maintained it longer than *natural sweetness*.

The TDS-analysis of the teas with stevia showed a significant ($p < 0.05$) compliance in the panel for the initial dominating impression of *artificial sweetness*, followed by *astringency*. On the contrary, tea with sugar had a significantly ($p < 0.05$) dominant impression of *natural sweetness* at the beginning of the tasting.

The sweetening of the teas with a mixture of sucrose and stevia resulted in a sensory profile comparable to the one of tea with sugar, yet *artificial sweetness* remained the dominant impression at the beginning of the tasting.

Altogether, the used methods QDA, TI and TDS give additional information, which in combination creates an extensive product profile.

9 Literaturverzeichnis

ABOU-ARAB AE, ABOU-ARAB AA, ABOU-SALEM MF. Physicochemical assessment of natural sweeteners steviol glycosides produced from *Stevia rebaudiana* Bertoni plant. African Journal of Food Science 2010; 4: 269-281.

AHMED S, STEPP JR. Green Tea: The Plants, Processing, Manufacturing and Production. In: Tea in Health and Disease Prevention. (Preedy VR; Hrsg.), Elsevier (Academic Press), USA, 2013; 19-31.

ALASALVAR C, TOPAL B, SERPEN A, BAHAR B, PELVAN E, GOKMEN V. Flavor characteristics of seven grades of black tea produced in Turkey. Journal of Agricultural and Food Chemistry 2012; 60: 6323-6332.

ALLEN AL, MCGEARY JE, KNOPIK VS, HAYES JE. Bitterness of the Non-nutritive Sweetener Acesulfame Potassium Varies With Polymorphisms in TAS2R9 and TAS2R31. Chemical Senses 2013; 38(5): 379-389.

ARES G, BARREIRO C, DELIZA R., GAMBARO A. Alternatives to reduce the bitterness, astringency and characteristic flavour of antioxidant extracts. Food Research International 2009; 42: 871–878.

BALENTINE DA, WISEMAN SA, BOUWENS LC. The chemistry of tea flavonoids. Critical Reviews in Food Science and Nutrition 1997; 37: 693-704.

BARTOSHUK LM. Taste mixtures: is mixture suppression related to compression. Physiology and Behavior 1975; 14: 643–649.

BRANDLE JE, ROSA N. Heritability for yield, leaf:stem ratio and steviol glycoside content estimated from a landrace cultivar of *Stevia rebaudiana*. Canadian Journal of Plant Science 1992; 72: 1263–1266.

BRANDLE JE, STARRATT AN, GIJZEN M. *Stevia rebaudiana*: its agricultural, biological, and chemical properties. Canadian Journal of Plant Science 1998; 78: 527-536.

BRANNAN GD, SETSER CS, KEMP KE. Interaction of astringency and taste characteristics. Journal of Sensory Studies 2001; 16: 179–197.

CARDELLO HMA, DA SILVA MAPA, DAMASIO HM. Measurement of the relative sweetness of stevia extract, aspartame and cyclamate/saccharin blend as compared to sucrose at different concentrations. *Plant Foods for Human Nutrition* 1999; 54(2): 119-30.

CARDOSO JMP, BOLINI HMA. Descriptive profile of peach nectar sweetened with sucrose and different sweeteners. *Journal of Sensory Studies* 2008; 23: 804-816.

CHATSUDTHIPONG V, MUANPRASAT C. Stevioside and related compounds: Therapeutic benefits beyond sweetness. *Pharmacology & Therapeutics* 2009; 121: 41-54.

CHATURVEDULA VS, PRAKASH I. The aroma, taste, color and bioactive constituents of tea. *Journal of Medicinal Plants Research* 2011; 5(11): 2110-2124.

CLARK CC, LAWLESS HT. Limiting response alternatives in time-intensity scaling: an examination of the halo-dumping effect. *Chemical Senses* 1994; 19: 583.

CLIFF M, HEYMAN H. Development and use of time-intensity methodology for sensory evaluation: a review. *Food Research International* 1993; 26: 375.

DELWICHE J, HEFFELFINGER AL. Cross- modal additivity of taste and smell. *Journal of Sensory Studies* 2005; 20: 512-525.

DE OLIVEIRA B, PACKER J, CHIMELLI M, DE JESUS D. Enzymatic modification of stevioside by cell-free extract of *Gibberella fujikuroi*. *Journal of Biotechnology* 2007; 131: 92-96.

DI MONACO R, SU C, MASI P, CAVELLA S. Temporal Dominance of Sensations: A review. *Trends in Food Science & Technology* 2014; 38: 104-112.

DONALISIO MGR, DUARTE FR, PINTO AJDA, SOUZA CJ. *Stevia rebaudiana*. *Agronomico* 1982; 34: 65–68.

DUBOIS GE, WALTERS DE, SCHIFFMAN SS, WARWICK ZS, BOOTH BJ, PECORE SD, GIBES K, CARR BT, BRANDS LM. Sweeteners: Discovery, Molecular Design and Chemoreception (ACS Symposium Series 450). American Chemical Society, Washington, DC, 1991; 261-276.

DÜRRSCHMID K. Modulation von Geschmackswahrnehmungen. In: Wissen Sensorik - Gustatorische Wahrnehmungen gezielt abwandeln, Behr's Verlag, Hamburg, 2009; 6-7.

EFSA (European Food Safety Authority). Scientific Opinion on the revised exposure assessment of steviol glycosides (E 960) for the proposed uses as a food additive. EFSA Journal 2014; 12(5): 3639.

ELMADFA I, HASENEGGER V, WAGNER K, PUTZ P, WEIDL N-M, WOTTAWA D, KUEN T, SEIRINGER G, MEYER AL, STURTZEL B, KIEFER I, ZILBERSZAC A, SGARABOTTOLO V, MEIDLINGER B, RIEDER A. Österreichischer Ernährungsbericht 2012, 1. Auflage, Wien, 2012.

FAO (Food And Agriculture Organization of the United States). Steviol glycosides. FAO JECFA Monographs 10, 2010. Internet: <http://www.fao.org/ag/agn/jecfa-additives/specs/monograph10/additive-442-m10.pdf> (Stand: 15.10.14)

FRANK RA, BYRAM J. Taste- smell interactions are tastant and odorant dependent. Chemical Senses 1988; 13: 445-455.

FORS A. A new character in the sweetener scenario. Sugar Journal 1995; 58: 30.

GEUNS J. Stevioside. Phytochemistry 2003; 64: 913-921.

GOENADI DH. Water tension and fertilization of *Stevia rebaudiana* Bertoni on Oxic Tropudalf (English abstr.). Menara Perkebunan 1983; 51: 85–90.

GREEN BG, JIM J, OSTERHOFF F, BLACHER K, NACHTIGAL D. Taste mixture interactions: Suppression, additivity, and the predominance of sweetness. Physiology and Behavior 2010; 101: 731-737.

GUINARD J-X, HONG DY, BUDWIG C. Time-Intensity Properties of Sweet and Bitter Stimuli: Implication for Sweet and Bitter Taste Chemoreception. Journal of Sensory Studies 1995; 10: 45-71.

HANSON JR, DE OLIVEIRA BH. Stevioside and related sweet diterpenoid glycosides. Natural Product Reports 1993; 10: 301-309.

HARA Y, LUO SJ, WICKREMASHINGHE RL, YAMANISHI T. V. Chemical composition of tea. Food Reviews International 1995; 11: 435-456.

KATAYAMA O, SUMIDA T, HAYASHI H, MITSUHASHI H. The practical application of Stevia and research and development data (English translation). I.S.U. Company, Japan, 1976; 747 pp.

- KATIIYAR SK, MUKHTAR H. Tea in chemoprevention of cancer: epidemiologic and experimental studies. *International Journal of Oncology* 1996; 8: 221-238.
- KAUSHIK R, PRADEEP N, VAMSHI V, GEETHA M, USHA A. Nutrient composition of cultivated stevia leaves and the influence of polyphenols and plant pigments on sensory and antioxidant properties of leaf extracts. *Journal of Food Science and Technology* 2010; 47: 27-33.
- KEAST RSJ, BOURNAZEL MME, BRESLIN PAS. A Psychophysical Investigation of Binary Bitter- compound Interactions. *Chemical Senses* 2003; 28: 301-313.
- KEAST RSJ, BRESLIN PAS. An overview of binary taste- taste interactions. *Food Quality and Preference* 2002; 14: 111-124.
- KENNELLY EJ. Sweet and non-sweet constituents of *Stevia rebaudiana*. In: *Stevia, the Genus of Stevia, Medicinal and Aromatic Plants – Industrial Profiles* (Kingham AD; Hrsg.), Taylor and Francis, London, 2002; 68-85.
- KHOKHAR S, VENEMA D, HOLLMAN PC, DEKKER M, JONGE W. A RP-HPLC method for the determination of tea catechins. *Cancer Letters* 1997; 114: 171-172.
- KINGHORN AD, FULLAS F, HUSSAIN RA. Structure-activity relationship of highly sweet natural products. In: *Studies in natural products chemistry* (Atta-ur-Rahman; Hrsg.), Volume 15, Elsevier, Amsterdam, 1995; 3-41.
- KINGHORN AD, WU CD, SOEJARTO DD. Stevioside. In: *Alternative sweeteners* (O'Brien Nabors L; Hrsg.), 3. Edition, Dekker, New York, 2001; 167-183.
- KINGHORN AD. Overview. In: *Stevia, the genus Stevia. Medicinal and aromatic plants – industrial profiles* (Kingham AD; Hrsg.), Volume 19, Taylor and Francis, London, 2002; 1-17.
- KOROBKO NV, TURKO YA, SHOKUN VV, CHERNYAK EN, POKROVSKII LM, SMETANKINA BF, KERIMZHANOVA UA. GC-MS Investigations. II. Lipid Composition of *Stevia rebaudiana*. *Chemistry of Natural Compounds* 2008; 44: 359-360.
- KROEZE JH, BARTOSHUK LM. Bitterness suppression as revealed by split- tongue taste stimulation in humans. *Physiology and Behavior* 1985; 35: 779-783.

KRONDL M. Conceptual models. In: Diet and Behavior: Multidisciplinary Approaches (Anderson GH; Hrsg.), Springer Verlag, New York, 1990; 5–15.

KUMAZAWA K, MASUDA H. Identification of potent odorants in different green tea varieties using flavor dilution technique. Journal of Agricultural and Food Chemistry 2002; 50: 5660-5663.

LABBE D, RYTZ A, MORGENEGG C, ALI S, MARTIN N. Subthreshold Olfactory Stimulation Can Enhance Sweetness. Chemical Senses 2007; 32: 205-214.

LEA AGH, ARNOLD GM. The phenolics of ciders: bitterness and astringency. Journal of the Science of Food and Agriculture 1978; 29: 478-483.

LEE J, CHAMBERS DH. A lexicon for flavour descriptive analysis of green tea. Journal of Sensory Studies 2007; 22: 256-272.

LEE JI, KANG KK, LEE EU. Studies on new sweetening resource plant stevia (*Stevia rebaudiana* Bert.) in Korea. I. Effects of transplanting date shifting by cutting and seeding dates on agronomic characteristics and dry leaf yields of stevia (English abstr.). Res. Rep. ORD 1979; 21: 171–179.

LEE VSY, CHEN CR, LIO YW, TZEN JTC, CHANG CI. Structural determination and DPHH radical scavenging activity of two acylated tetraglycosides in Oolong Tea. Chemical & Pharmaceutical Bulletin 2008; 56: 851-853.

LEE WE (III), PANGBORN RM. Time-intensity: The temporal aspect of sensory perception. Food Technology 1986; 40(11): 71-78, 82.

LEMUS-MONDACA R, VEGA-GÁLVEZ A, ZURA-BRAVO L, AH-HEN K. *Stevia rebaudiana* Bertoni, source of a high-potency natural sweetener: A comprehensive review on the biochemical, nutritional and functional aspects. Food Chemistry 2012; 132: 1121–1132.

LYMAN BJ, GREEN BG. Oral astringency: effects of repeated exposure and interactions with sweeteners. Chemical Senses 1990; 15(2): 151-164.

MALIK A, JEYARANI T, RAGHAVAN B. A comparison of artificial sweeteners' stability in a lime-lemon flavored carbonated beverage. Journal of Food Quality 2002; 25(1): 75–82.

MITTER S. Antioxidative Kapazität handelsüblicher Getränke in Abhängigkeit vom Phenol- und Vitamin C-Gehalt. Diplomarbeit. Universität Wien - Institut für Ernährungswissenschaften, Wien, 2002.

MUKHTAR H, AHMAD N. Tea Polyphenols: prevention of cancer and optimizing health. American Journal of Clinical Nutrition 2000; 71: 1698S-1702S.

NAKAGAWA M. Constituents in tea leaf and their contribution to the taste of green tea liquors. Japan Agricultural Research Quarterly 1970; 5: 43-47.

NG M, LAWLOR JB, CHANDRA S, CHAYA C, HEWSON L, HORT J. Using quantitative descriptive analysis and temporal dominance of sensations analysis as complementary methods for profiling commercial blackcurrant squashes. Food Quality and Preference 2012; 25: 121-134.

ÖSTERREICHISCHES LEBENSMITTELBUCH. Tee und Teeähnliche Erzeugnisse. In: Codexkapitel B 31, 4. Auflage, 2009; 463-498.

PANGBORN RM. Taste interrelationships. Food Research 1960; 25: 245–256.

PAWAR RS, KRYNITSKY AJ, RADER JI. Sweeteners from plants—with emphasis on *Stevia rebaudiana* (Bertoni) and *Siraitia grosvenorii* (Swingle). Analytical and Bioanalytical Chemistry 2013; 405(13): 4397-4407.

PELEG H, GACON K, SCHLICH P, NOBLE A. Bitterness and astringency of flavon-3-ol monomers, dimers and trimers. Journal of the Science of Food and Agriculture 1999; 79: 1123-1128.

PINEAU N, DE BOUILLÉ AG, LEPAGE M, LENFANT F, SCHLICH P, MARTIN N, RYTZ A. Temporal Dominance of Sensations: What is a good attribute list? Food Quality and Preference 2012; 26: 159-165.

PINEAU N, CORDELLE S, SCHLICH P. Temporal dominance of sensations: a new technique to record several sensory attributes simultaneously over time. In: Abstract book of 5th Pangborn Sensory Science Symposium, Boston, MA, USA, 2003; 121.

PINEAU N, SCHLICH P, CORDELLE S, MATHONNIÈRE C, ISSANCHOU S, IMBERT A, ROGEAUX M, ETIÉVANT P, KÖSTER E. Temporal dominance of

sensations: construction of the TDS curves and comparison with time-intensity, Food Quality and Preference 2009; 20: 450.

PRAKASH I, DUBOIS GE. Dairy composition with high-potency sweeteners. US patent application 0116830, 2007.

PRAKASH I, DUBOIS GE, CLOS JF, WILKENS KL, FOSDICK LE. Development of rebiana, a natural, non-caloric sweetener. Food and Chemical Toxicology 2008; 46: 75-82.

QIN Z, PANG X, CHEN D, CHENG H, HU X, WU J. Evaluation of Chinese tea by the electronic nose and gas chromatography–mass spectrometry: Correlation with sensory properties and classification according to grade level. Food Research International 2013; 53: 864-874.

RECH C. Flavourprofil eines mit Rebaudiosid A optimierten, zuckerreduzierten Zitronen-Erfrischungsgetränkes. Diplomarbeit. Universität Wien - Institut für Ernährungswissenschaften, Wien, 2012.

REED DR, TANAKA T, MCDANIEL AH. Diverse tastes: Genetics of sweet and bitter perception. Physiology & Behavior 2006; 88: 215-226.

ROSENSTEIN D, OSTER H. Differential facial responses to four basic tastes in newborns. Child Development 1988; 59: 1555-1568.

SAß M. Anwendung von Stevia in Getränken – Herausforderungen und Lösungen. Journal für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit 2010; 5: 231-235.

SAVITA SM, SHEELA K, SUNANDA S, SHANKAR AG; RAMAKRISHNA P. *Stevia rebaudiana* – A functional Component for Food Industry. Journal of Human Ecology 2004; 15: 261-264.

SAXENA NC, MING LS. Preliminary harvesting characteristics of stevia. Physical Properties of Agricultural Materials and Products 1988; 3: 299–303.

SCHARBERT S, HOLZMANN N, HOFMANN T. Identification of the astringent taste compounds in black tea infusions by combining instrumental analysis and human bioresponse. Journal of Agricultural and Food Chemistry 2004; 52: 3498-3508.

- SCHIFFMAN SS, BOOTH BJ, CARR BT, LOSEE ML, SATTELY-MILLER EA, GRAHAM BG. Investigation of Synergism in Binary Mixtures of Sweeteners. *Brain Research Bulletin* 1995; 38: 105-120.
- SHOCK CC. Experimental cultivation of Rebaudi's stevia in California. *Agronomy Progress Report No. 122*, University of California, Davis, 1982; 4 pp.
- SENANAYAKE SPJ. Green tea extract: Chemistry, antioxidant properties and food applications – A review. *Journal of Functional Foods* 2013; 5: 1529-1541.
- SMITH AK, JUNE H, NOBLE AC. Effects of viscosity on the bitterness and astringency of grape seed tannin. *Food Quality and Preference* 1996; 7: 161–166.
- STEVENS JC. Detection of Very Complex Taste Mixtures: Generous Integration across Constituent Compounds. *Physiology and Behavior* 1997; 62: 1137-1143.
- STEVENSON RJ, PRESCOTT J, BOAKES RA. Confusing Tastes and Smells: How Odours can Influence the Perception of Sweet and Sour Tastes. *Chemical Senses* 1999; 24: 627-635.
- STONE H., SIDEL JL Quantitative Descriptive Analysis: Developments, Applications, and the Future. *Food Technology* 1998; 52(8): 48-52.
- STONE H, SIDEL JL, OLIVER S, WOOLSEY A, SINGLETON RC. Sensory evaluation by quantitative descriptive analysis. *Food Technology* 1974; 28(11): 24-34.
- SOEJARTO D. Bontany of *Stevia* and *Stevia rebaudiana*. In: *Stevia: The genus Stevia* (Kinghorn A; Hrsg.), Taylor and Francis, London, New York, 2002; 18-39.
- SOKOLOWSKY M, FISCHER U. Evaluation of bitterness in white wine applying descriptive analysis, time-intensity analysis, and temporal dominance of sensations analysis. *Analytica Chimica Acta* 2012; 732: 46-52.
- TADHANI M, SUBHASH R. Preliminary Studies on *Stevia rebaudiana* Leaves: Proximal Composition, Mineral Analysis and Phytochemical Screening. *Journal of Medical Sciences* 2006; 6: 321-326.
- TUNALEY A, THOMSON DMH, MCEWAN JA. Determination of equi-sweet concentrations of nine sweeteners using a relative rating technique. *International Journal of Food Science and Technology* 1987; 22: 627–635.

UNACHUKWU UJ, AHMED S, KAVALIER A, LYLES JT, KENNELLY EJ. White and green teas (*Camellia sinensis* var. *Sinensis*): Variation in phenolic, methylxanthine, and antioxidant profiles. *Journal of Food Science* 2010; 75: C541-C548.

VALENTOVÁ H, SKROVÁNKOVÁ S, PANOVSÁ Z, POKORNÝ J. Time-intensity studies of astringent taste. *Food Chemistry* 2002; 78: 29-37.

WAFG (Wirtschaftsvereinigung Alkoholfreie Getränke e.V.). Erfrischungsgetränke: Stabiler Konsum in 2012. Berlin, 2013. Internet: <http://www.wafg.de/pdf/presse/130123115.pdf> (Stand: 29.11.2014)

WEGMAYR C. Alltäglich Kaloriensparen durch Süßen mit Stevia – sensorischer Vergleich von grünem und schwarzem Tee. Masterarbeit. Universität Wien - Institut für Ernährungswissenschaften, Wien, 2013.

WHEELER A, BOILEAU AC, WINKLER PC, COMPTON JC, PRAKASH I, JIANG X, MANDARINO DA. Pharmacokinetics of rebaudioside A and stevioside after single oral doses in healthy men. *Food and Chemical Toxicology* 2008; 46: 54-60.

WHO (World Health Organization). Obesity and overweight. Fact sheet N°311, 2014a. Internet: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs311/en/> (Stand: 07.11.2014)

WHO (World Health Organization). WHO opens public consultation on draft sugars guideline. 2014b. Internet: <http://www.who.int/mediacentre/news/notes/2014/consultation-sugar-guideline/en/> (Stand: 26.08.2014)

WÖLWER-RIECK U. The Leaves of *Stevia rebaudiana* (Bertoni), Their Constituents and the Analyses Thereof: A Review. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 2012; 60: 886-895.

YOUNG ND, WILKENS K. Study of descriptive analysis of rebaudioside A, aspartame and sucrose in water at room temperature, Unpublished results. The Coca-Cola Company, Atlanta, GA, USA, 2007a.

YOUNG ND, WILKENS K. Study of temporal profile of rebaudioside A, aspartame and sucrose in water at room temperature, Unpublished results. The Coca-Cola Company, Atlanta, GA, USA, 2007b.

ZAVERI NT. Green tea and its polyphenolic catechins. Medicinal uses in cancer and noncancer applications. Life Sciences 2006; 78: 2073-2080.

10 Anhang

Grünteeproben mit unterschiedlichen Süßungsmitteln, QDA, 20 Beurteilungen (MW $\pm$ SD):

Attribute	Probe A	Probe B	Probe C	Probe D
Geschmack				
Natürliche Süße	0,2 $\pm$ 0,3	7,5 $\pm$ 1,3	7,7 $\pm$ 1,7	1,2 $\pm$ 1,2
Bitter	5,3 $\pm$ 1,7	2,1 $\pm$ 1,8	3,0 $\pm$ 2,3	4,2 $\pm$ 2,3
Umami	1,3 $\pm$ 1,3	1,2 $\pm$ 0,9	1,3 $\pm$ 1,6	1,4 $\pm$ 1,5
Flavour				
Metallisch	1,9 $\pm$ 1,6	1,6 $\pm$ 1,6	3,1 $\pm$ 1,9	4,0 $\pm$ 2,2
Künstliche Süße	0	0,6 $\pm$ 1,0	5,3 $\pm$ 2,1	6,3 $\pm$ 1,7
Lakritzartig	0,8 $\pm$ 1,1	1,1 $\pm$ 1,6	2,2 $\pm$ 1,7	3,0 $\pm$ 2,6
Grün/grasig	6,1 $\pm$ 2,2	3,5 $\pm$ 2,6	3,2 $\pm$ 2,2	3,4 $\pm$ 2,4
Mundgefühl				
Adstringenz	4,5 $\pm$ 1,9	3,3 $\pm$ 1,6	4,3 $\pm$ 2,1	4,8 $\pm$ 1,8
Nachgeschmack				
Natürliche Süße	0,1 $\pm$ 0,3	5,5 $\pm$ 2,2	3,7 $\pm$ 1,6	1,5 $\pm$ 1,4
Künstliche Süße	0	0,3 $\pm$ 0,5	5,0 $\pm$ 2,0	6,2 $\pm$ 1,6
Bitterkeit	3,7 $\pm$ 1,8	1,9 $\pm$ 1,9	2,3 $\pm$ 1,9	3,5 $\pm$ 1,3

Schwarzteeeproben mit unterschiedlichen Süßungsmitteln, QDA, 24 Beurteilungen (MW $\pm$ SD):

Attribute	Probe A	Probe B	Probe C	Probe D
Geschmack				
Natürliche Süße	0,6 $\pm$ 0,9	7,6 $\pm$ 1,1	8,3 $\pm$ 1,1	0,6 $\pm$ 1,1
Bitter	5,7 $\pm$ 2,1	1,8 $\pm$ 1,6	2,5 $\pm$ 2,0	3,1 $\pm$ 2,0
Flavour				
Metallisch	1,8 $\pm$ 1,9	1,6 $\pm$ 1,9	2,1 $\pm$ 2,1	3,3 $\pm$ 1,9
Künstliche Süße	0	0,8 $\pm$ 1,0	4,9 $\pm$ 2,9	5,8 $\pm$ 2,2
Lakritzartig	0,6 $\pm$ 1,2	1,3 $\pm$ 1,8	3,1 $\pm$ 2,5	3,8 $\pm$ 1,9

Schwarztee flavour	8,2 ± 1,5	4,8 ± 2,1	4,6 ± 2,6	4,4 ± 2,5
Fermentiert	3,9 ± 2,6	3,0 ± 2,9	2,8 ± 2,4	2,8 ± 2,3
Mundgefühl				
Adstringenz	4,4 ± 1,9	3,5 ± 2,7	3,9 ± 2,6	4,9 ± 2,0
Nachgeschmack				
Natürliche Süße	0,3 ± 0,4	5,8 ± 1,6	4,9 ± 1,5	2,3 ± 1,0
Künstliche Süße	0	0,7 ± 0,8	5,2 ± 2,5	6,1 ± 1,9
Bitterkeit	3,8 ± 2,1	1,8 ± 1,4	2,3 ± 2,0	3,3 ± 2,0

Maximale Intensität und AUC für die TI-Kurven der vier Grünteeproben, TI, 18 Beurteilungen (MW ± SD):

Attribute	Probe A		Probe B		Probe C		Probe D	
	I _{max}	AUC	I _{max}	AUC	I _{max}	AUC	I _{max}	AUC
Natürliche Süße	0	0	6,4 ± 2,0	378 ± 125	4,5 ± 2,3	266 ± 144	0	0
Künstliche Süße	0	0	0	0	5,6 ± 1,8	413 ± 133	6,6 ± 1,5	584 ± 201
Bitterkeit	5,6 ± 1,5	413 ± 152	4,7 ± 2,4	347 ± 221	5,0 ± 2,0	398 ± 216	6,2 ± 1,7	525 ± 211
Adstringenz	6,7 ± 1,5	564 ± 240	5,8 ± 1,4	492 ± 181	5,7 ± 2,0	484 ± 233	7,0 ± 1,8	651 ± 232

Maximale Intensität und AUC für die TI-Kurven der vier Schwarzteeproben, TI, 18 Beurteilungen (MW ± SD):

Attribute	Probe A		Probe B		Probe C		Probe D	
	I _{max}	AUC	I _{max}	AUC	I _{max}	AUC	I _{max}	AUC
Natürliche Süße	0	0	6,9 ± 1,6	478 ± 165	4,7 ± 1,7	299 ± 127	0	0

Künstliche Süße	0	0	0	0	6,0 ± 1,3	468 ± 128	8,1 ± 0,9	747 ± 224
Bitterkeit	6,4 ± 1,5	523 ± 163	4,6 ± 2,0	354 ± 183	4,9 ± 1,8	388 ± 209	6,7 ± 1,7	555 ± 269
Adstringenz	7,2 ± 1,6	674 ± 257	6,0 ± 2,0	523 ± 247	6,2 ± 2,0	481 ± 150	7,7 ± 1,7	745 ± 226

TDS-Scores für die TDS-Kurven der vier Grünteeproben, TDS, 16 Beurteilungen:

Attribute	Probe A	Probe B	Probe C	Probe D
	Score	Score	Score	Score
Natürliche Süße	0,1	4,2	2,7	0,4
Künstliche Süße	0,0	0,0	4,9	4,8
Bitterkeit	3,8	1,2	2,4	3,5
Adstringenz	2,6	2,0	2,4	2,8

TDS-Scores für die TDS-Kurven der vier Schwarzteeproben, TDS, 16 Beurteilungen:

Attribute	Probe A	Probe B	Probe C	Probe D
	Score	Score	Score	Score
Natürliche Süße	0,1	4,8	3,5	0,5
Künstliche Süße	0,0	0,0	4,7	5,2
Bitterkeit	3,4	1,5	2,8	2,9
Adstringenz	3,4	2,3	3,0	3,3

11 Curriculum Vitae

PERSÖNLICHE DATEN

Name **Darja Schulz**
Geburtsdaten **31.01.1989 in Zelinograd**
Nationalität **Deutsch**

AUSBILDUNG

09/2013 – **Austauschsemester an der University of Eastern Finland (UEF) in**
12/2013 **Kuopio/Finnland**

04/2012 – **Masterstudium der Ernährungswissenschaften** an der Universität
02/2015 **Wien, Spezialisierung: Lebensmittelqualität und -sicherheit**

10/2008 – **Bakkalaureatstudium der Ernährungswissenschaften** an der
04/2012 **Universität Wien, Verleihung des Universitätsgrades Bakkalaurea**
 rerum naturalium (Bakk.rer.nat.)

1999 – 2008 **Hanns-Seidel-Gymnasium** in Hösbach/Deutschland, Erlangen der
 Hochschulreife

PRAKTISCHE ERFAHRUNGEN

07/2013 – **Praktikum im Landesbetrieb Hessisches Landeslabor** in den
08/2013 **Abteilungen für Lebensmittel, Landwirtschaft & Umwelt,**
 Tierärztliche Grenzkontrollstelle

01/2012 – **Praktikum im Rahmen der Forschungsplattform Active Ageing**
02/2012 **an der Universität Wien**

10/2011 – **Praktikum im Rahmen von Ascorbinsäureuntersuchungen** an der
12/2011 **Universität Wien**

10/11/ – **Praktikum im Rahmen des Projektes „nutritionDay worldwide “**
13/11/2011
