



universität
wien

MASTERARBEIT / MASTER'S THESIS

Titel der Masterarbeit / Title of the Master's Thesis

„Vergleich der Bewertung von ausgewählten sensorischen Eigenschaften in alkoholhaltigen, alkoholreduzierten und alkoholfreien Bieren anhand von Temporal Dominance of Sensations (TDS)“

verfasst von / submitted by

Raphael Benedikt Sulzner, BSc

angestrebter akademischer Grad / in partial fulfilment of the requirements for the degree of
Master of Science (MSc)

Wien, 2016 / Vienna 2016

Studienkennzahl lt. Studienblatt /
degree programme code as it appears on
the student record sheet:

A 066 838

Studienrichtung lt. Studienblatt /
degree programme as it appears on
the student record sheet:

Masterstudium Ernährungswissenschaften

Betreut von / Supervisor:

Ao. Univ.-Prof. Dr. Dorota Majchrzak

Danksagung

Am Ende dieser Arbeit ist es nun Zeit, Danke zu sagen bei all jenen Personen, ohne deren Hilfe diese nicht zustande gekommen wäre.

Zuerst bedanke ich mich sehr herzlich bei meiner Masterarbeitsbetreuerin Ao. Univ.-Prof. Dr. Dorota Majchrzak, die mir durch die gesamte Zeit an dieser Masterarbeit immer zuverlässig mit ihrem Fachwissen zur Seite stand und immer bemüht war, meinen Anliegen, Fragen, Terminen etc. so schnell wie möglich nachzukommen, so dass es zu keinerlei Verzögerungen kam.

Des Weiteren bedanke ich mich bei meinen beiden Sponsoren, der Brauerei Zipf, Brauunion, und der Stiegl Brauerei Salzburg, besonders bei Herrn Braumeister DI Dr. Günther Seeleitner (Brauunion, Zipfer) sowie Herrn Braumeister Heinrich Gugg (Stiegl) für die zur Verfügung gestellten Biere für den praktischen Teil meiner Arbeit.

Dann gilt ein besonderer Dank meiner Lebensgefährtin Julia, die mich während der ganzen Zeit moralisch unterstützt hat, mir beim praktischen Teil und EDV-technisch geholfen hat und immer für mich da war, wenn ich Rat brauchte.

Ein besonderer Dank gilt auch meiner Familie, allen voran meinen Eltern, die mich mein ganzes Studium lang sowohl moralisch als auch materiell unterstützt haben, immer an mich glaubten und hinter mir standen. Dafür bin ich sehr dankbar.

Auch danke ich meinem Kollegen und Studienassistenten Martin Willibald Reichel, für die Unterstützung und Hilfe beim Umgang mit der FIZZ-Sensoriksoftware, der immer mit großer Geduld meine EDV-Probleme in kürzester Zeit gelöst hat, sowie den am praktischen Teil meiner Arbeit teilgenommenen Panellisten.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Beer Flavour Wheel [MEILGAARD et. al., 1979].....	22
Abbildung 2: Geschlechtsspezifische Unterschiede der sensorischen Präferenzen bei alkoholfreiem Bier [PORETTA und DONADINI, 2008]	25
Abbildung 3: Strukturformel 3-Methylbutanal [WIKIPEDIA, 2015].....	27
Abbildung 4: Strukturformel 2-Methylbutanal [WIKIPEDIA, 2015].....	27
Abbildung 5: Strukturformel Methional [WIKIPEDIA, 2015]	27
Abbildung 6: Mögliche Abbauewege von Methionin durch Hefen [mod. PERPETE et al., 2003]	29
Abbildung 7: Zusammenhang Ethanolgehalt und Aldehydretention [PERPETE und COLLIN, 2000]	31
Abbildung 8: Zusammenhang Zuckergehalt und Aldehydretention [PERPETE und COLLIN, 2000]	32
Abbildung 9: Aldehydabbau im Kälte-Kontakt-Verfahren [PERPETE und COLLIN, 1999]	34
Abbildung 10: Zusammenhang Glyceringehalt und Aldehydretention [PERPETE und COLLIN, 2000]	36
Abbildung 11: Strukturformel Diacetyl [WIKIPEDIA, 2015].....	37
Abbildung 12: Einzelne Schritte im Brauprozess [mod. HLATKY und REIL, 1997]	40
Abbildung 13: Übersicht Verfahrensmethoden	43
Abbildung 14: Rotierender Dünnschichtverdampfer [mod. BRÁNYIK et al., 2012]	50
Abbildung 15: Spinnenkonus Dünnschichtverdampfer [mod. BRÁNYIK et al., 2012].....	51
Abbildung 16: Fallfilmverdampfer [mod. BRÁNYIK et al., 2012]	52
Abbildung 17: Prozess mit Pervaporation [mod. CATARINO und MENDES, 2011]	56
Abbildung 18: Methodik der Erstellung der TDS-Kurven [mod. nach PINEAU et al., 2009].....	61
Abbildung 19: Verwendete Biere der Marke Egger	64
Abbildung 20: Verwendete Biere der Marke Zipfer	64
Abbildung 21: Verwendete Biere der Marke Stiegl.....	64
Abbildung 22: Alpha-Säure [WIKIPEDIA, 2015]	68
Abbildung 23: Beta-Säure [WIKIPEDIA, 2015]	68
Abbildung 24: Umwandlung von alpha-Säure in cis- und trans-Iso-alpha-Säuren [WIKIPEDIA, 2015]	68
Abbildung 25: Benutzeroberfläche für die TDS-Analyse	72
Abbildung 26: Beispieldiagramm mit Dominanzraten-Rohdaten	76
Abbildung 27: Beispiel für eine geglättete TDS-Kurve	77

Abbildung 28: Beispiel für eine TDS-Vergleichskurve	78
Abbildung 29: TDS-Kurven für die Attribute der Probe Egger Märzen (AH)	80
Abbildung 30: TDS-Kurven für die Attribute der Probe Egger Sprizz (AR).....	82
Abbildung 31: TDS-Kurven für die Attribute der Probe Egger Zisch (AF)	83
Abbildung 32: TDS-Kurven für die Bitterkeit der Egger Biere	83
Abbildung 33: TDS-Kurven für die Adstringenz der Egger Biere	84
Abbildung 34: TDS-Kurven für die Fruchtigkeit der Egger Biere	84
Abbildung 35: TDS-Kurven für die Malzigkeit der Egger Biere	85
Abbildung 36: TDS-Kurven für das Würze flavour der Egger Biere	85
Abbildung 37: TDS-Kurven für die Attribute der Probe Zipfer Urtyp (AH)	87
Abbildung 38: TDS-Kurven für die Attribute der Probe Zipfer 3 (AR)	88
Abbildung 39: TDS-Kurven für die Attribute der Probe Zipfer Hell (AF).....	89
Abbildung 40: TDS-Kurven für die Bitterkeit der Zipfer Biere	90
Abbildung 41: TDS-Kurven für die Adstringenz der Zipfer Biere	90
Abbildung 42: TDS-Kurven für die Fruchtigkeit der Zipfer Biere	91
Abbildung 43: TDS-Kurven für die Malzigkeit der Zipfer Biere.....	91
Abbildung 44: TDS-Kurven für das Würze flavour der Zipfer Biere.....	92
Abbildung 45: TDS-Kurven für die Attribute der Probe Stiegl Goldbräu (AH).....	94
Abbildung 46: TDS-Kurven für die Attribute der Probe Stiegl Leicht (AR)	95
Abbildung 47: TDS-Kurven für die Attribute der Probe Stiegl Freibier (AF)	97
Abbildung 48: TDS-Kurven für die Bitterkeit der Stiegl Biere.....	97
Abbildung 49: TDS-Kurven für die Adstringenz der Stiegl Biere.....	98
Abbildung 50: TDS-Kurven für die Fruchtigkeit der Stiegl Biere.....	98
Abbildung 51: TDS-Kurven für die Malzigkeit der Stiegl Biere	99
Abbildung 52: TDS-Kurven für das Würze flavour der Stiegl Biere	99
Abbildung 53: TDS-Kurven für die Bitterkeit der alkoholhaltigen Biere	100
Abbildung 54: TDS-Kurven für die Adstringenz der alkoholhaltigen Biere	101
Abbildung 55: TDS-Kurven für die Fruchtigkeit der alkoholhaltigen Biere	102
Abbildung 56: TDS-Kurven für die Malzigkeit der alkoholhaltigen Biere	103
Abbildung 57: TDS-Kurven für das Würze flavour der alkoholhaltigen Biere	103
Abbildung 58: Vergleich alkoholhaltiger Biere: Egger Märzen - Stiegl Goldbräu.....	104
Abbildung 59: Vergleich alkoholhaltiger Biere: Egger Märzen - Zipfer Urtyp	105
Abbildung 60: Vergleich alkoholhaltiger Biere: Stiegl Goldbräu - Zipfer Urtyp	106

Abbildung 61: TDS-Kurven für die Bitterkeit der alkoholreduzierten Biere.....	107
Abbildung 62: TDS-Kurven für die Adstringenz der alkoholreduzierten Biere.....	108
Abbildung 63: TDS-Kurven für die Fruchtigkeit der alkoholreduzierten Biere.....	109
Abbildung 64: TDS-Kurven für die Malzigkeit der alkoholreduzierten Biere	110
Abbildung 65: TDS-Kurven für das Würzeflavour der alkoholreduzierten Biere	111
Abbildung 66: Vergleich alkoholreduzierter Biere: Egger Sprizz - Stiegl Leicht	112
Abbildung 67: Vergleich alkoholreduzierter Biere: Egger Sprizz - Zipfer 3	113
Abbildung 68: Vergleich alkoholreduzierter Biere: Stiegl Leicht - Zipfer 3	114
Abbildung 69: TDS-Kurven für die Bitterkeit der alkoholfreien Biere	115
Abbildung 70: TDS-Kurven für die Adstringenz der alkoholfreien Biere	116
Abbildung 71: TDS-Kurven für die Fruchtigkeit der alkoholfreien Biere	117
Abbildung 72: TDS-Kurven für die Malzigkeit der alkoholfreien Biere.....	118
Abbildung 73: TDS-Kurven für das Würzeflavour der alkoholfreien Biere.....	119
Abbildung 74: Vergleich alkoholfreie Biere: Egger Zisch - Stiegl Freibier	120
Abbildung 75: Vergleich alkoholfreie Biere: Egger Zisch - Zipfer Hell	120
Abbildung 76: Vergleich alkoholfreie Biere: Stiegl Freibier - Zipfer Hell	121

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Ethanolgehalte in alkoholreduzierten und alkoholfreien Bieren [mod. MONTANARI et al., 2008]	19
Tabelle 2: Flavourwirksame, schwefelhaltige Verbindungen im Bier [PERPETE et al., 2003]	28
Tabelle 3: Wahrnehmung von Methional in alkoholhaltiger und alkoholfreier Lösung [PERPETE und COLLIN, 2000]	33
Tabelle 4: Übersicht der analysierten Biere	63
Tabelle 5: Übersicht Referenzprodukte.....	70
Tabelle 6: Post Hoc Test der Egger Biere für die Duration des Attributs Würze flavour	122
Tabelle 7: Post Hoc Test der Stiegl Biere für die Duration des Attributs Würze flavour.....	123
Tabelle 8: Post Hoc Test der Zipfer Biere für die Duration des Attributs Würze flavour	124
Tabelle 9: Beer Flavour Terminology [MEILGAARD et. al., 1979].....	144
Tabelle 10: Rohdaten der Dominanzraten des Attributs Bitterkeit	146
Tabelle 11: Rohdaten der Dominanzraten des Attributs Adstringenz	149
Tabelle 12: Rohdaten der Dominanzraten des Attributs Würze flavour.....	151
Tabelle 13: Rohdaten der Dominanzraten des Attributs Malzigkeit	154
Tabelle 14: Rohdaten der Dominanzraten des Attributs Fruchtigkeit	156

Abkürzungsverzeichnis

AF	alkoholfrei
AH	alkoholhaltig
AR	alkoholreduziert
DR	Dominanzrate
sig	signifikant
TDS	Temporal Dominance of Sensations
TI	Time Intensity

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung und Fragestellung	14
2	Literaturübersicht	16
2.1	Allgemeines	16
2.1.1	Begriffsbestimmung von Bier	16
2.1.2	Alkoholfreie und alkoholreduzierte Biere:	17
2.2	Flavoureigenschaften von Bier	20
2.2.1	Flavourbestimmende Kriterien	20
2.2.2	Beer Flavour Terminology	20
2.2.3	Sensorische Präferenzen und Qualitätskriterien im Bier	22
2.2.3.1	Sensorische Präferenzen in alkoholhaltigem Bier	23
2.2.3.2	Sensorische Präferenzen in alkoholfreiem Bier	24
2.3	Off-Flavour im Bier	25
2.3.1	Off-Flavour in alkoholfreien und alkoholreduzierten Bieren	25
2.3.2	Worty Flavour	26
2.3.2.1	Einfluss von Bier-Inhaltsstoffen auf das Worty-Flavour	26
2.3.2.2	Wahrnehmung und Schwellenwerte von Worty-Off-Flavour Aldehyden	29
2.3.2.3	Verhalten des Worty Off-Flavours im Kälte-Kontakt-Verfahren	33
2.3.2.4	Möglichkeiten zur Verringerung des Worty Off-Flavours	35
2.3.3	Weitere Off-Flavour	36
2.3.3.1	Fettsäuren	36
2.3.3.2	Kontamination durch Mikroorganismen	37
2.4	Der Brauprozess	38
2.4.1	Rohstoffe	38

2.4.2	Maischen	38
2.4.3	Läutern	39
2.4.4	Würzekochen	39
2.4.5	Kühlen	39
2.4.6	Gärung und Lagerung	40
2.4.7	Filtration	41
2.4.8	Abfüllen	41
2.5	Herstellung von alkoholfreien und alkoholreduzierten Bieren	42
2.5.1	Biologische Methoden	43
2.5.1.1	Limitierte und gestoppte Fermentation	44
2.5.1.1.1	Gestoppte Fermentation	44
2.5.1.1.2	Limitierte Fermentation: Das Kälte-Kontakt-Verfahren	45
2.5.1.2	Spezielle und gentechnisch veränderte Hefen	46
2.5.2	Physikalische Methoden	48
2.5.2.1	Thermale Prozesse	48
2.5.2.1.1	Kontinuierliche Vakuum Rektifikation	49
2.5.2.1.2	Dünnschichtverdampfung	49
2.5.2.1.3	Fallfilmverdampfer	51
2.5.2.2	Membranprozesse	53
2.5.2.2.1	Dialyse	53
2.5.2.2.2	Umkehrosmose	54
2.5.2.2.3	Pervaporation	55
2.6	Sensorische Analysemethoden	57
2.6.1	Time Intensity Methode (TI)	57
2.6.2	Temporal dominance of Sensations (TDS)	59

3	Material und Methoden	63
3.1	Materialien	63
3.1.1	Ausgewählte Biere mit unterschiedlichem Ethanolgehalt	63
3.2	Methoden	65
3.2.1	Auswahl der TDS als Analyseverfahren.....	65
3.2.2	Auswahl der Attribute	65
3.2.2.1	Würze flavour/ worty flavour	66
3.2.2.2	Fruchtige Flavour/ fruity flavour.....	66
3.2.2.3	Malzige Flavour/ malty flavour	67
3.2.2.4	Bitterkeit	68
3.2.2.5	Adstringenz	69
3.2.3	Zusammenstellung und Schulung des deskriptiven Panels	69
3.2.4	Vorbereitungen zur Durchführung der TDS	71
3.2.5	Durchführung der TDS-Analyse.....	72
3.2.6	Auswertung	73
4	Ergebnisse	79
4.1	Dominanzraten aus den Rohdaten.....	79
4.2	TDS-Kurven der einzelnen Bierproben und TDS-Kurven einzelner Attribute verglichen nach Biermarke	79
4.3	TDS-Kurven einzelner Attribute verglichen nach Alkoholgehalt und paarweiser Attributvergleich von zwei Produkten gleichen Alkoholgehalts	100
4.3.1	TDS-Kurven einzelner Attribute der alkoholhaltigen Biere und paarweiser Attributvergleich von zwei alkoholhaltigen Produkten	100
4.3.2	TDS-Kurven einzelner Attribute der alkoholreduzierten Biere und paarweiser Attributvergleich von zwei alkoholreduzierten Produkten	107

4.3.3	TDS-Kurven einzelner Attribute der alkoholfreien Biere und paarweiser Attributvergleich von zwei alkoholfreien Produkten	115
4.4	Statistische Auswertung der Gesamtdauer (Duration) des Attributs „Würze flavour (WORTY)“	122
4.4.1	Vergleich der Egger Biere	122
4.4.2	Vergleiche der Stiegl Biere	123
4.4.3	Vergleich der Zipfer Biere	123
5	Diskussion	125
6	Schlussbetrachtung	132
7	Zusammenfassung	135
8	Summary	136
9	Quellenverzeichnis:	137
10	Anhang	144
11	Curriculum Vitae	159

1 Einleitung und Fragestellung

Seit 6000 Jahren ist dem Menschen das Getränk Bier bekannt. In vielen frühen Hochkulturen wie den Mesopotamiern, den Babyloniern oder den Ägyptern wurde bereits Bier gebraut, wobei sich diese Getränke noch stark von dem, was heute unter Bier verstanden wird unterscheiden. Erst die Klosterbrauereien im Mittelalter setzten den ersten Schritt zur Herstellung jenes Getränks, das uns heute als Bier bekannt ist [PARKER, 2012], [HLATKY und REIL, 1997].

Bier besteht grundsätzlich aus vier Grundzutaten: Wasser, Malz, Hopfen und Hefe. Durch Verwendung unterschiedlicher Rohstoffsorten, Herstellungsverfahren, Mischverhältnisse und diversen unterschiedlichen Schritten im Brauprozess lassen sich eine Vielzahl verschiedenster Biere herstellen. Auch der Gehalt an in Bier enthaltenem Ethanol kann durch verschiedene Möglichkeiten kontrolliert bzw. beeinflusst werden [PARKER, 2012].

In der heutigen Zeit ist die Nachfrage nach Bieren mit vermindertem Alkoholgehalt oder generell auch nach alkoholfreiem Bier auf dem Markt erhöht. Diese Beliebtheit von alkoholfreien und alkoholreduzierten Bieren ist weltweit zu beobachten [BRÁNYIK et al., 2012].

Die Gründe dafür sind sehr unterschiedlich, so ist einer der Hauptgründe ein erhöhtes Gesundheitsbewusstsein der Konsumenten, indem der Konsum von Ethanol bewusst gering gehalten wird, oder auch eine verminderte Kalorienaufnahme, da alkoholfreie Biere eine geringere Energiedichte aufweisen als alkoholhaltige. Ein dritter wesentlicher Grund, warum Konsumenten vermehrt zu alkoholfreiem Bier greifen ist die Tatsache, dass der Konsum von alkoholhaltigem Bier in Fahrunfähigkeit bzw. einem Verbot zur Benützung eines Kraftfahrzeuges resultiert [MONTANARI et al., 2008].

Ebenso gelten strengere Arbeitsvorschriften, religiöse Gründe, wenn Alkohol etwa tabu ist, oder der Konsum von Bier während der Arbeitszeit oder mit Businesspartnern als weitere Gründe um alkoholfreies Bier zu konsumieren [BURBERG und ZARNKOW, 2009].

Alkoholfreie und alkoholreduzierte Biere unterscheiden sich jedoch wesentlich in den Flavoureigenschaften von alkoholhaltigen Bieren. So wird Bieren ohne Alkohol oft ein unausgewogenes Flavour oder unerwünschte Flavour (sogenannte Off-Flavour) zugeschrieben oder auch die Tatsache, dass für Bier wichtige Aromakomponenten nicht vorhanden sind [CATARINO et al., 2009].

Diese Ungleichheiten im Gesamtflavour resultieren in den Herstellungsunterschieden, bei Bieren mit geringerem oder keinem Ethanolgehalt muss dafür Sorge getragen werden, dass Ethanol während der Gärung entweder überhaupt nicht entsteht oder anschließend mit physikalischen Methoden entfernt wird. Die zwei größten Unterschiede zu alkoholhaltigen Bieren sind das Vorhandensein eines würzigen Off-Flavours, „worty Off-Flavour“ genannt, dessen verantwortliche Stoffe durch den unterdrückten Gärvorgang nicht aus der Biermatrix abgebaut werden, sowie das Fehlen eines „fruity-Flavours“ in alkoholfreien und alkoholreduzierten Bieren. Heutzutage wird von den Brauereien versucht, diese Unterschiede zu minimieren [BURBERG und ZARNKOW, 2009; PERPÈTE und COLLIN, 1999].

Ziel dieser Arbeit ist es, mit einem 1999 entwickelten, dynamisch-sensorischen Prüfverfahren, der „Temporal Dominance of Sensations“, kurz TDS, qualitative Unterschiede in der Dominanz von fünf ausgewählten Attributen und deren Veränderung über einen vorgegebenen Zeitraum der Verkostung von alkoholhaltigen, alkoholreduzierten und alkoholfreien Bieren festzustellen.

2 Literaturübersicht

2.1 Allgemeines

Bier ist mit Abstand eines der bekanntesten und beliebtesten Getränke weltweit. In den letzten 6000 Jahren der Menschheitsentwicklung war es dem Menschen ein ständiger Begleiter [BAMFORTH, 2004]. Schon in Mesopotamien, in Babylonien und im alten Ägypten war die Kunst des Bierbrauens bekannt, im Mittelalter waren die Klöster in Mitteleuropa federführend in der Bierherstellung und legten somit den Grundstein für die Entwicklung von modernen Brauereien. Seitdem ist Bier aus den meisten menschlichen Gesellschaften nicht mehr wegzudenken [PARKER, 2012], [HLATKY und REIL, 1997].

2.1.1 Begriffsbestimmung von Bier

Grundsätzlich wird heutzutage unter Bier ein Getränk verstanden, dass sich aus folgenden vier Grundzutaten zusammensetzt: Wasser, Malz, Hopfen und Hefe. Durch unterschiedliche Eigenschaften, Sorten und Herstellungsverfahren, durch verschiedene Mischverhältnisse der einzelnen Inhaltsstoffe und durch diverse Schritte im Brauprozess lassen sich in der heutigen Zeit etliche unterschiedliche Biersorten mit verschiedenem Alkoholgehalt aus den vier Grundzutaten herstellen [PARKER, 2012].

Im Österreichischen Lebensmittelbuch ist unter Kapitel B13, I.1 der Begriff „Bier“ klar geregelt:

„Bier ist ein aus Zerealien, Hopfen und Wasser durch Maischen und Kochen hergestelltes, durch Hefe vergorenes, alkohol- und kohlenensäurehaltiges Getränk. Alkoholfreies Bier weist bedingt durch die Anwendung spezieller Verfahren einen Alkoholgehalt von nicht mehr als 0,5 Vol.% auf.“

[ÖSTERREICHISCHES LEBENSMITTELBUCH, 2006]

Die Einteilung von Bieren kann durch unterschiedliche Kriterien erfolgen wie die Fermentationsart, dem Einsatz von Rohstoffen, der angewandten Technologie oder der Vergärungsmethode. Des Weiteren kann Bier auch durch den Alkoholgehalt oder den

Stammwürzegehalt eingeteilt werden. Der Stammwürzegehalt beschreibt die Menge des eingesetzten Extraktes, sagt also welche Menge von Malz und Hopfen im Wasser gelöst ist [EISENBRAND und SCHREIER, 2006]. Die Bier-Einteilung nach Alkoholgehalt und Stammwürze ist im österreichischen Lebensmittelbuch unter Kapitel B13, I.7 in folgende Kategorien gegliedert:

Alkoholgehalt:

- *alkoholfreies Bier nicht mehr als 0,5 Vol.%*
- *alkoholarmes Bier nicht mehr als 1,9 Vol.%*
- *Leichtbier nicht mehr als 3,7 Vol.%*

Stammwürzegehalt:

- *Schankbier 9 - 11 Grad*
- *Vollbier (Bier ohne nähere Bezeichnung) mindestens 11 Grad*
- *Vollbier mit mindestens 12,5 Grad kann die Sachbezeichnung "Spezialbier" tragen*
- *Stark- bzw. Bockbier (Oster-, Weihnachtsbock) mindestens 16 Grad*

Neben den oben angeführten Sachbezeichnungen können folgende in Österreich gebräuchliche spezifische Typenbezeichnungen verwendet werden:

- *Lager bzw. Märzen für ein ausgewogen malziges, mild hopfenbitteres untergäriges Vollbier.*
- *Pils - auch in Wortverbindungen - für hellfärbig und im Wesentlichen stärker gehopfte untergärige Vollbiere.*

Die Verwendung von Phantasiebezeichnungen, z.B. Export, Fest oder Jubiläum, ist neben der entsprechenden Sachbezeichnung möglich.

[ÖSTERREICHISCHES LEBENSMITTELBUCH, 2006]

2.1.2 Alkoholfreie und alkoholreduzierte Biere:

Die Produktion von Bieren mit geringem Ethanolgehalt hat mehrere geschichtliche Hintergründe. So waren in Kriegszeiten oft die Rohmaterialien knapp und zur Bierproduktion wurde vergleichsweise weniger Material verwendet, was in geringeren Etha-

nolgehalten resultierte. Auch in der Prohibitionszeit zwischen 1919 und 1933 in den USA wurden alkoholarme oder alkoholfreie Biere produziert. Die eigentliche Entwicklung dieser Biere kam erst Ende des zwanzigsten Jahrhunderts in Schwung, wobei hier hauptsächlich geschäftliche Gründe wie das Erschließen neuer Märkte oder die Entwicklung neuer, bierähnlicher Produkte im Vordergrund standen. Der Marktanteil dieser Produkte war damals verschwindend gering [BRÁNYIK et al., 2012].

In der heutigen Zeit hat sich dies allerdings verändert. Alkoholfreie und alkoholreduzierte Biere werden immer beliebter und daher öfter konsumiert. In der Europäischen Union stellen die Spanier mit 10% aller verkauften Biere den höchsten Anteil an der Konsumation von alkoholfreiem Bier. Auch in vielen anderen Ländern steigt der Konsum [BRÁNYIK et al., 2012]. Die Gründe dafür sind unterschiedlich, vermehrtes Interesse in Gesundheit, Sorgen um das Körpergewicht und um die schädlichen Wirkungen von Alkohol sowie die Fahrunfähigkeit bei Alkoholkonsum sind einige Beispiele dafür [MONTANARI et al., 2008]. Auch religiöse Gründe, wenn Alkohol etwa tabu ist, strenge Arbeitsvorschriften oder der Konsum von Bier während der Arbeitszeit oder mit Businesspartnern spielen eine wichtige Rolle [BURBERG und ZARNKOW, 2009].

Unter den diversen Begriffen wie „light beer“, „low-alcohol beer“ und „alcohol-free beer“ wird je nach Nation Unterschiedliches verstanden, die gesetzlichen Ethanolgrenzwerte der einzelnen Produkte variieren [MONTANARI et al., 2008], wie in Tabelle 1 zu erkennen ist.

Grundsätzlich lässt sich alkoholfreies Bier mittels zwei Techniken herstellen:

- Physikalische Techniken
- Biologische Techniken

In beiden Techniken gibt es mehrere unterschiedliche Verfahren. Diese werden in dieser Arbeit ausführlich unter Punkt 2.5 erklärt.

Der Hauptunterschied ist, dass bei physikalischen Techniken Ethanol aus fertigem, alkoholhaltigem Bier mit unterschiedlichen Verfahren entfernt wird, bei den biologischen Techniken jedoch die Ethanolbildung generell unterdrückt/verhindert wird [BURBERG und ZARNKOW, 2009].

Tabelle 1: Ethanolgehalte in alkoholreduzierten und alkoholfreien Bieren [mod. MONTANARI et al., 2008]

Country	Light beer (% v/v alcohol) ^a	Low-alcohol beer (% v/v alcohol)	Alcohol-free beer (% v/v alcohol)
Austria	≤3,7	>0,5 and ≤1,9	≤0,5
Belgium	gravity ≥1° and ≤4°P ^b 30% energy reduction	>0,5 and ≤1,2 and gravity ≥2,2°P	≤0,5 and gravity ≥2,2°P
Denmark	<2,8		<0,1
Finland	30% less energy content	>0,5 and ≤1,2	≤0,5
France			≤1,2
Germany	30% energy reduction	>0,5 and ≤1,2	≤0,5
Italy	>1,2 and ≤3,5 gravity ≥5° and ≤10,5°P		≤1,2 gravity ≥3° and ≤3°P
The Netherlands	33% less calorific value	>0,1 and ≤1,2	≤0,1
Portugal		>0,5 and ≤1,2	<0,5
Spain	30% energy reduction	from 1 to 3	<1
Sweden		≥2,25	
United Kingdom		≤1,2	≤0,05
United States		≤2,5	absolutely no alcohol is present ^c

^aAlcohol concentration % by value

^b1°P is equal to 1 g of sugar/100 g wort

^cnon-alcoholic beer <0,5% v/v alcohol

2.2 Flavoureigenschaften von Bier

2.2.1 Flavourbestimmende Kriterien

Das Flavour von Bier allgemein ist sehr komplex, in der Biermatrix befinden sich über 1000 verschiedene flavouraktive Inhaltsstoffe, deren Vorkommen im Endprodukt Bier von vielen Faktoren abhängig sind wie den verwendeten Rohmaterialien, den einzelnen Schritten des Brauprozesses, den Bedingungen während des Brauprozesses wie Temperatur, Druck etc., der Verpackung und den Lagerungsbedingungen [PARKER, 2012]. Bier besteht durchschnittlich aus 94% Wasser, 1-2% restverbleibenden Zuckern und 4-5% Ethanol. Der Gesamtanteil der Flavourkomponenten im Bier beträgt nur ca. 0,1%. Dies ist zwar ziemlich gering, dennoch sind diese 0,1% ausschlaggebend für die individuellen Flavoureigenschaften eines Bieres [PARKER, 2012].

Außerdem hängt das Flavour eines Bieres stark von der Lagerungsdauer und den Lagerungsbedingungen ab. Lagerungsdauer und Lagerungsbedingungen sind entscheidende Parameter für die Veränderung der Inhaltsstoffe [SCHMIDT et al., 2014].

Somit ist das Flavour eines Bieres nicht statisch, sondern dieses ist einer ständigen Veränderung ausgesetzt, abhängig von vielen Faktoren wie den Lagerungsbedingungen, der Verpackung und letztlich von den in der Matrix vorhandenen Inhaltsstoffen, die sich durch die Einwirkung verschiedener Faktoren umformen können [PARKER, 2012].

2.2.2 Beer Flavour Terminology

Die große Menge an flavouraktiven Inhaltsstoffen im Bier ist verantwortlich für eine Vielzahl von verschiedenen Geruchs- und Geschmackseindrücken in den unterschiedlichen Biertypen. Für eine bessere Kommunikation in der Brauindustrie und um sich international und fachlich besser verständigen zu können, gab es lange Zeit das Bestreben, einen internationalen Standard für Bier-Flavour zu entwickeln [PARKER, 2012].

Durch eine Kooperation der „European Brewery Convention“, der „American Society of Brewing Chemists“ (das jetzige „Institute of Brewing and Distilling“) und der „Master Brewers Association of the Americas“ wurde 1979 die „Beer Flavour Terminology“

entwickelt. Diese ist bis heute gültig und dient als international anerkannter Standard. Er dient für eine effektive Kommunikation innerhalb der Brauindustrie und erlaubt, die einzelnen Flavour-Noten im Bier einzuteilen und zu benennen [MEILGAARD et al., 1979].

Insgesamt umfasst die Beer Flavour Terminology über 100 einzelne Flavour, diese sind in einer übersichtlichen Tabelle zusammengefasst, welche im Anhang (10.0) dieser Arbeit ersichtlich ist (Tabelle 9). Ähnliche bzw. zusammengehörende Flavour werden in Gruppen unter einem Flavour-Begriff gefasst und diesen Gruppen werden noch 14 einzelne Klassen zugeordnet. Diese Klassen sind die erste Stufe, die Hauptkategorien der Flavour. Kein Flavour kommt doppelt vor. Die einzelnen Flavour werden auch beschrieben und falls vorhanden ist auch eine Referenzsubstanz angeführt. Zusätzlich ist noch eine Spalte „Relevanz“ genannt, in dieser wird angegeben, in welchem sensorischen Bereich das Flavour eine Rolle spielt (Odour, Taste, Mouthfeel, Warming, Afterflavour). Es gibt zusätzlich zur Beer-Flavour-Terminology Tabelle auch noch ein auf dieser basierendes, extra konstruiertes Aromarad, international als „Beer-Flavour-Wheel“ bezeichnet (Abb. 1). Dies kann als Vereinfachung, als Gedächtnisstütze oder als einfach zu handhabendes Nachschlagewerk gesehen werden und stellt kein neues System dar [MEILGAARD et al., 1979].

Das Beer Flavour Wheel enthält die meisten Flavoureigenschaften, die im Bier vorkommen. Auch der Aufbau, beruhend auf den 14 Klassen und die weitere Unterteilung in Flavour-Übergruppen ist der ursprünglichen Flavour-Tabelle gleichgesetzt. Ebenfalls wichtig ist die Tatsache, dass die komplette Beer-Flavour-Terminology inklusive Aromarad objektiv gehalten ist. Sie beinhaltet sowohl im Bier erwünschte Flavour als auch Off-Flavour, d.h. jene Flavour, welche unerwünscht sind und die sensorische Qualität des Bieres beeinflussen, dennoch werden subjektive Begriffe wie gut/schlecht oder ausgewogen/unausgewogen nicht verwendet. Damit ist die Beer Flavour Terminology eine objektive Beschreibung der Bier Flavour [PARKER, 2012].

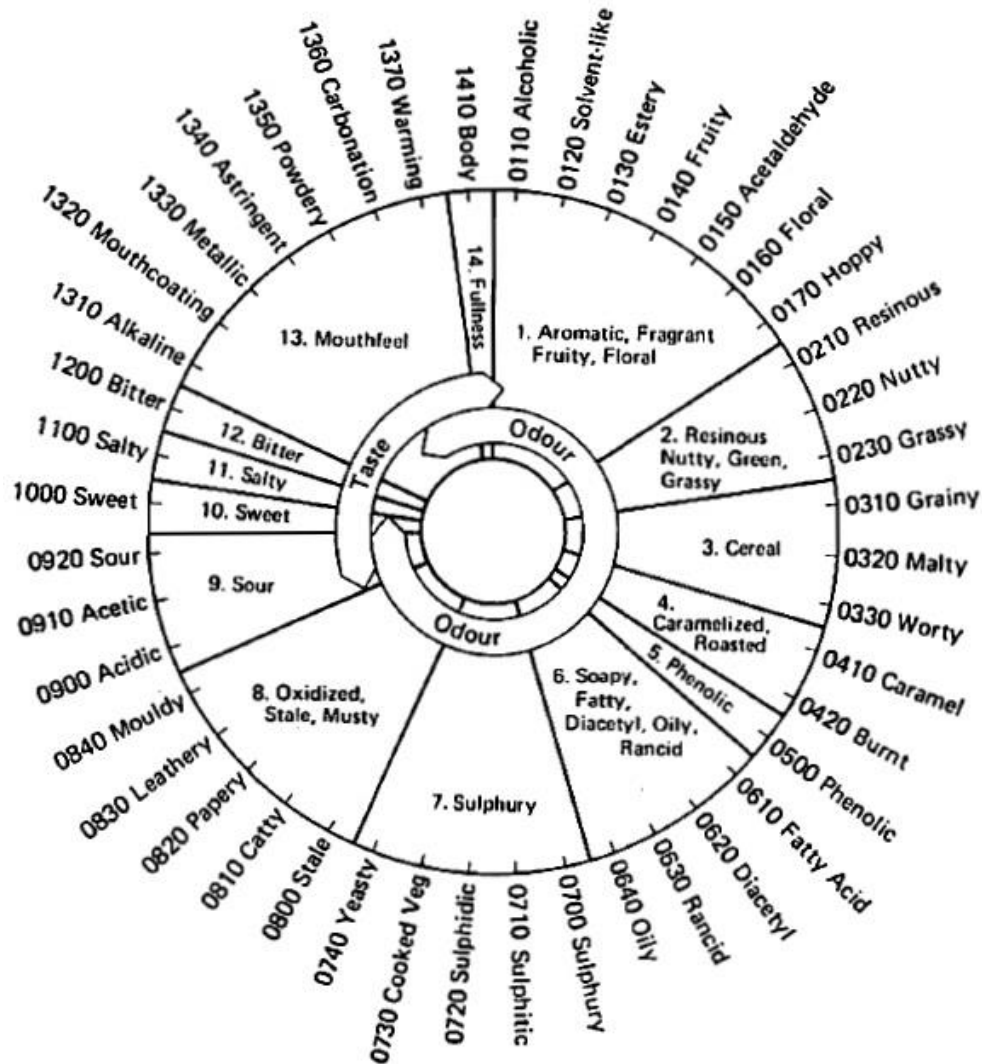


Abbildung 1: Beer Flavour Wheel [MEILGAARD et. al., 1979]

2.2.3 Sensorische Präferenzen und Qualitätskriterien im Bier

Qualitätskriterien und sensorische Präferenzen von Bieren werden auf unterschiedliche Weise untersucht. In der Literatur wird sowohl mit hedonischen Tests an Konsumenten gearbeitet, um sensorische Präferenzen festzustellen, als auch durch Untersuchungen mit qualifizierten Brauexperten.

Ebenfalls oft angewandt wird die Analyse mittels Electronic Tongues und Electronic Noses, diese Verfahren wurden in letzter Zeit weiterentwickelt und werden immer häufiger angewandt. Die Electronic Tongues und Noses verzeichneten einen großen Fortschritt in der Entwicklung und werden oft in der Bestimmung von Bitterkeit, Alkoholgehalt etc. verwendet [ARRIETA et al., 2010]. Auch einzelne Attribute können fest-

gestellt werden und es ist möglich, sensorische Qualitätskriterien von Bieren festzustellen und somit die einzelnen Proben zu beurteilen [RUDNITSKAYA et al., 2009].

2.2.3.1 Sensorische Präferenzen in alkoholhaltigem Bier

DONADINI et al., [2014] fand bei hedonischen Tests mit italienischen Bieren an Konsumenten heraus, dass die Konsumenten die Produkte in erster Linie nach den vom Malz abgeleiteten sensorischen Komponenten unterschieden. Weitere wichtige Unterscheidungskriterien sind der Körper des Bieres, in der Beer Flavour Terminology als „body“ bezeichnet [DONADINI et al., 2014]. Exakt definiert steht „body“ für Geschmacksfülle und Mundgefühl, für Wässrigkeit, Charakter des Biers, Viskosität und Fülligkeit [MEILGAARD et al., 1979]. Die Konsumenten unterschieden die Biere in „medium body“, „moderately sweet“ und „full bodied“.

Die Vorlieben unter Konsumenten variieren bei Bier sehr stark, DONADINI et al., [2014] konnte vier unterschiedliche Gruppen definieren, welche verschiedene sensorische Eigenschaften von Bier präferieren:

- Süße suchende Personen
- Mildes Flavour liebende Personen
- Süße vermeidende Personen
- Flavour suchende Personen

Zwischen diesen Gruppen sind die Einwirkungen von Alter und Geschlecht nicht signifikant. Es ist somit sehr schwer, generell eine Aussage zu treffen, welche sensorischen Präferenzen ein Bier ausmachen, da es unterschiedliche Vorlieben gibt, die nicht alle in einem Bier vereinbar sind [DONADINI et al., 2014].

Interessant ist die Tatsache, dass Attribute, welche für Qualitätsminderung stehen bzw. im Bier unerwünscht sind, d.h. Off-Flavour wie z.B.: „worty“, „rancid“ oder „oxidized“ immer in der Beurteilung eine größere Rolle spielen als Attribute, welche als erwünscht gelten wie „fruity“, „hoppy“, „malty“ oder „bitterness“. Dies lässt darauf schließen, dass ein Ausbleiben bzw. nicht Existenz von Fehlparamen im Bier wichtiger für die sensorische Qualität ist als das Vorhandensein von diversen erwünschten Komponenten. Das ist insofern gut, weil DONADINI et al., [2014] zeigten, dass sich unter

Konsumenten keine einheitlichen erwünschten Komponenten feststellen lassen, sondern diese in vier Vorlieben-Gruppen eingeteilt werden können [DONADINI et al., 2014].

2.2.3.2 Sensorische Präferenzen in alkoholfreiem Bier

So komplex die Flavoureigenschaften von Bier sind, umso komplexer wird diese Materie bei den alkoholfreien Bieren. Die sensorische Qualität eines alkoholfreien oder eines alkoholreduzierten Bieres unterscheidet sich deutlich von jener Qualität eines alkoholhaltigen Bieres. Viele Sorten von alkoholfreien Bieren, die auf dem Markt erhältlich sind, sind bei Konsumenten unbeliebt, weil diese ein unausgewogenes Flavour oder Off-Flavour aufweisen, oder wichtige, erwünschte Aromakomponenten fehlen [CATARINO et al., 2009].

Das Fehlen eines ausgewogenen „body“, d.h. die Fülligkeit bzw. der Charakter eines Bieres, ein geringes Aromaprofil sowie das Vorhandensein von „sweet“ und „worty“ Off-Flavour sind die Hauptprobleme, die beim Flavourprofil von alkoholfreien und alkoholreduzierten Bieren auftreten. Außerdem muss bei der Produktion von alkoholfreien und alkoholreduzierten Bieren entweder ein Verfahren angewendet werden um Ethanol nicht bzw. nur reduziert entstehen zu lassen oder Ethanol durch einen zusätzlichen Produktionsschritt aus der Biermatrix entfernt werden, wobei ebenfalls die Qualität des Bieres darunter leidet [BRÁNYIK et al., 2012]. Alkoholfreie und alkoholreduzierte Biere können auf dem Markt aber auch durchaus erfolgreich sein, wenn ihr Aromaprofil bzw. ihre Flavoureigenschaften dem eines alkoholhaltigen Bieres so ähnlich wie möglich sind und Off-Flavour so gut es geht vermieden werden [CATARINO et al., 2009].

Was die Präferenzen der Konsumenten bei alkoholfreiem Bier betrifft, so zeigt sich, dass die beiden wichtigsten Attribute „malty“ und „body“ darstellen, auch die durstlöschende Wirkung und die Verpackung spielen eine Rolle, Glasflaschen mit twist-off Verschlüssen werden bevorzugt [PORRETTA und DONADINI, 2008].

Bei alkoholfreien Bieren gibt es allerdings geschlechtsspezifische Unterschiede:

Männer bevorzugen ein „malty“ und „fruity“ Flavour, „body“ spielt ebenfalls eine wichtige Rolle. Karamell-Flavour und Süße sind unerwünscht (Abb. 2).

Frauen bevorzugen ein „malty“ Flavour, „body“ spielt eine wichtige Rolle. Attribute wie bitter und adstringierend werden abgelehnt, ebenso „fruity“ Flavour (Abb. 2) [Poretta und Donadini, 2008].

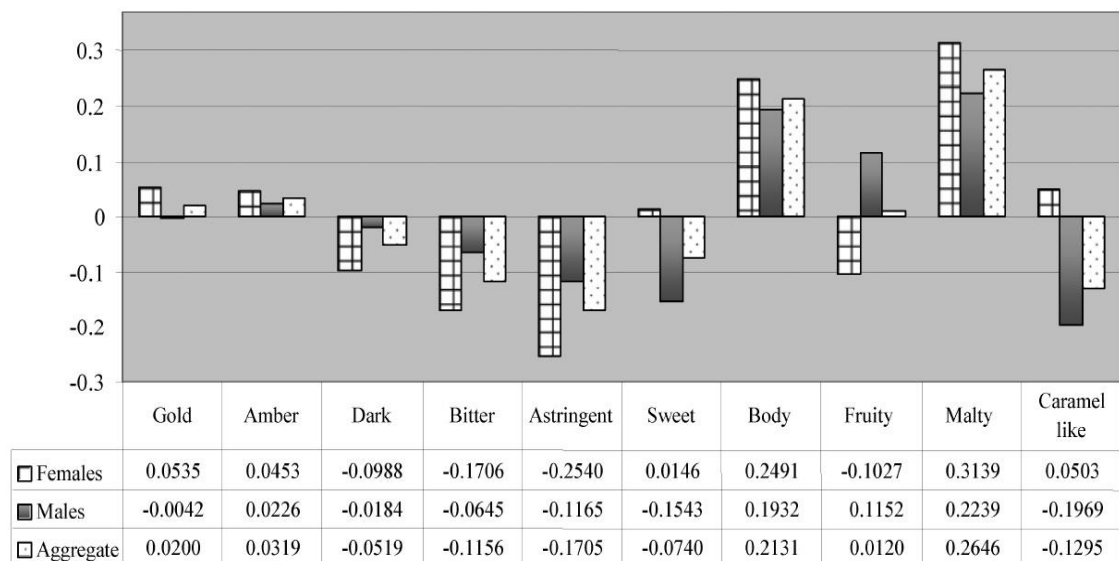


Abbildung 2: Geschlechtsspezifische Unterschiede der sensorischen Präferenzen bei alkoholfreiem Bier [Poretta und Donadini, 2008]

2.3 Off-Flavour im Bier

2.3.1 Off-Flavour in alkoholfreien und alkoholreduzierten Bieren

Alkoholfreies Bier, aber auch alkoholreduziertes Bier kann charakteristische, sensorische Eigenschaften aufweisen, welche auch als sensorische Defekte bezeichnet werden. Diese werden auch als Off-Flavour bezeichnet. Die zwei ausschlaggebendsten Off-Flavour sind:

- Das Fehlen eines angenehm fruchtigen Aromas
- Ein intensives Würzearoma, welches als unangenehm und aufdringlich empfunden wird. In der Beer Flavor Terminology wird diese Flavourkomponente „Worty“ genannt [Perpète und Collin, 1999; Meilgaard et al., 1979].

Das Warty Off-Flavour tritt vor allem bei alkoholfreien Bieren auf, die mit biologischen Verfahren hergestellt werden. Diese Herstellungstechnik wird generell öfter verwendet, weil physikalische Verfahren teurer sind als biologische und zusätzliche Produktionsschritte erfordern [BURBERG und ZARNKOW, 2009].

Diese Off-Flavour sind jedoch keine Kriterien, die darauf hindeuten, dass das Bier von minderer Qualität ist, ein Bier kann durchaus von guter Qualität sein und dennoch solche Off-Flavour-Komponenten beinhalten [PERPÈTE und COLLIN, 1994].

2.3.2 Warty Flavour

Das Warty Flavour mindert jedoch die Geschmacksqualität der Biere beträchtlich. Ein Bier mit ausgeprägtem warty Flavour erinnert im Geschmack an unvergorene, frische Bierwürze [MEILGAARD et al., 1979] oder auch an gekochte Kartoffeln, Suppe, Kuchen oder wird einfach nur süßlich beschrieben [PERPÈTE et al., 2003].

2.3.2.1 Einfluss von Bier-Inhaltsstoffen auf das Warty-Flavour

Welche Stoffe sind für dieses Warty Flavour verantwortlich? Es handelt sich um verschiedene Carbonylverbindungen, die ursprünglich in der unvergorenen Bierwürze vorhanden sind [Montanari et al., 2008].

3-Methylbutanal (Abb. 3) und 2-Methylbutanal (Abb. 4) standen lange in Verdacht, die hauptverantwortlichen Inhaltsstoffe für das Warty Flavour in alkoholfreien Bieren zu sein. 3-Methylbutanal wird in Geruch und Geschmack als malzig, schokoladig, mandelig beschrieben und 2-Methylbutanal als malzig, käsehaft und apfelhaft. Diese beiden Stoffe sind auch in der ursprünglichen Bierwürze vorhanden, es ist jedoch mittlerweile bekannt, dass 3-Methylbutanal und 2-Methylbutanal während der Fermentation der Würze zum Teil von Hefeenzymen wie Aldehyddehydrogenasen und Aldoketoreduktasen zu weniger flavourhaften Verbindungen abgebaut werden [PERPÈTE und COLLIN, 1999]. Die in alkoholfreien Bieren enthaltenen Mengen an 3-Methylbutanal und 2-Methylbutanal liegen teilweise unter den Schwellenwerten der Wahrnehmung, daher kommen diese nicht als Hauptkomponenten für das Warty Flavour in Frage [PERPÈTE und COLLIN, 1999].

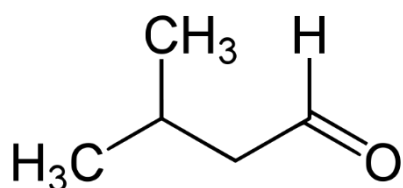


Abbildung 3: Strukturformel 3-Methylbutanal [WIKIPEDIA, 2015]

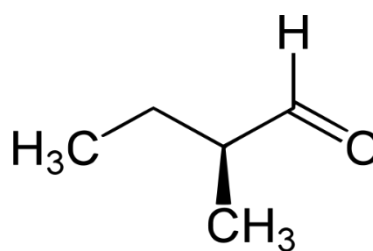


Abbildung 4: Strukturformel 2-Methylbutanal [WIKIPEDIA, 2015]

PERPÈTE und COLLIN [1999] führten einen in vitro Assay durch in dem festgestellt wurde, dass es sich bei der für das Warty Flavour verantwortlichen Hauptsubstanz um 3-Methylthiopropionaldehyd, oder kurz Methional (Abb. 5) handelt. Das Flavour von Methional wird als würzeartig, kuchenartig, gekochte Kartoffeln oder Kartoffelpüree beschrieben.

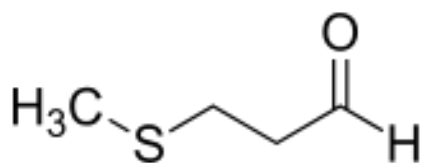


Abbildung 5: Strukturformel Methional [WIKIPEDIA, 2015]

Methional ist eine von vielen schwefelhaltigen Verbindungen (Tab. 2), die in Bier vorkommen. Diese können dem Bier verschiedene Flavournoten geben z.B.: nach gekochten Kartoffeln, Rettich, Kohl, Zwiebeln oder gekochtem Gemüse. Außerdem spielen diese Stoffe auch eine Rolle in der Bieralterung.

Tabelle 2: Flavourwirksame, schwefelhaltige Verbindungen im Bier [PERPETE et al., 2003]

Compound	Structure	Odour	Detection threshold (ppb)	Concentration in beer (ppb)
Isopentenylmercaptan	$(\text{CH}_3)_2\text{C}=\text{CH}-\text{CH}_2\text{SH}$	'Sunstruck'	0.002–0.004	100
2-Mercapto-3-methylbutanol	$\text{CH}_2\text{OH}-\text{CHSH}-\text{CH}(\text{CH}_3)_2$	Onion	<1 ppb	–
Methional	$\text{CH}_3-\text{S}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CHO}$	Boiled potatoes, soup	0.1–250	2–50
Methionol	$\text{CH}_3-\text{S}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2\text{OH}$	Radish	1200	2–50
Methanethiol	CH_3-SH	Excrement, putrefaction	0.02–41	2–12
DMS	$\text{CH}_3-\text{S}-\text{CH}_3$			
DMDS	$\text{CH}_3-\text{S}-\text{S}-\text{CH}_3$	Cooked cabbages, onion, rubber	3–50	0.3–7.5
DMTS	$\text{CH}_3-\text{S}-\text{S}-\text{S}-\text{CH}_3$	Fresh onion, sulfurous, boiled vegetables	0.1	0.2–1.8

Methional ist ein Abbauprodukt der Aminosäure Methionin, die in den Grundzutaten des Bieres vorkommt. Während des Maischens kommt es zu Maillardreaktionen und durch den Strecker Abbau entsteht aus Methionin das Methional, welches das Strecker-Aldehyd der Aminosäure ist. Auch *Saccharomyces cerevisiae* kann Methionin zu Methional abbauen [PERPÈTE et al., 2003].

Während der Gärung, jene Zeit in der die Bierwürze der Fermentation unterzogen ist, wird das Methional durch NADPH-abhängige Enzyme von *S. cerevisiae* reduziert (Abb. 6) [PERPÈTE und COLLIN, 1999]. Gebildet wird dabei Methionol, dieses hat das Aroma von Karfiol oder Rettich, gilt aber nicht als Off-Flavour, weil sein Schwellenwert bei 1200 ppb liegt und dieser im Bier nie erreicht wird. Manche Hefestämme sind auch in der Lage Methionin direkt zu Methanethiol, Ketobutyrate und Ammonium abzubauen (Abb. 6) [PERPÈTE et al., 2003].

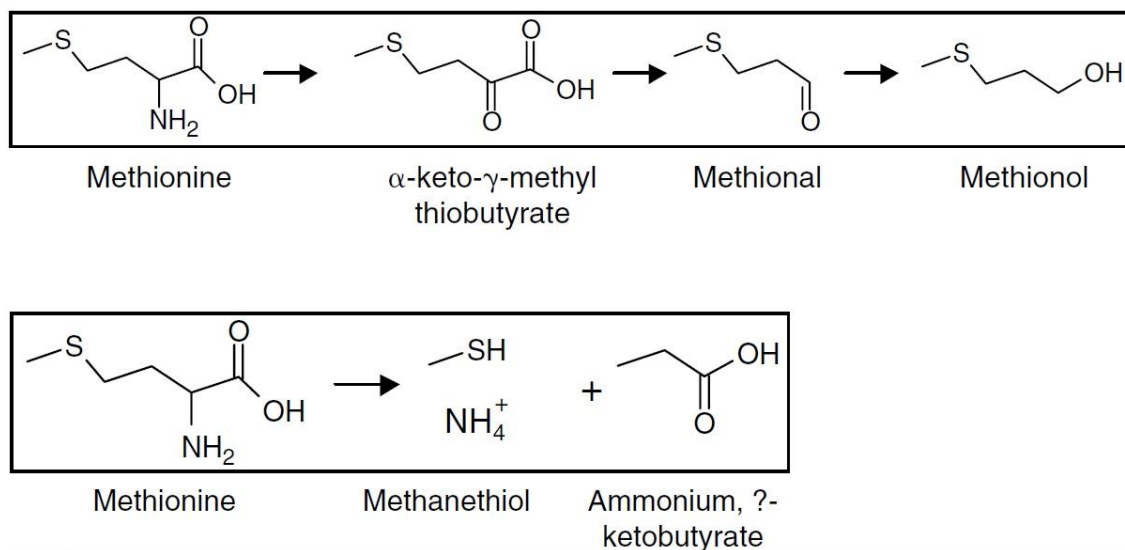


Abbildung 6: Mögliche Abbauwege von Methionin durch Hefen [mod. PERPÈTE et al., 2003]

Allerdings findet die Gärung der Bierwürze für alkoholfreie Biere und alkoholreduzierte Biere unter veränderten Bedingungen statt (biologische Herstellungsverfahren) als die Gärung eines normalen Bieres, denn die Bildung von Ethanol soll vermieden werden. Während solcher modifizierter Gärungsverfahren wie z.B.: unter geringeren Temperaturen ist die Reduktion von Methional eingeschränkt, es verbleibt Methional in der Würze und dies führt zum Warty Off-Flavour in alkoholfreien und alkoholreduzierten Bieren, die durch biologische Techniken hergestellt werden [PERPÈTE et al., 2003].

2.3.2.2 Wahrnehmung und Schwellenwerte von Warty-Off-Flavour Aldehyden

Der Schwellenwert, ab dem Methional wahrgenommen wird, ist nicht immer gleich, sondern hängt stark von den Eigenschaften und Inhaltsstoffen der Matrix ab, in der Methional vorhanden ist [PERPÈTE und COLLIN, 2000]. Im regulären Bier liegt der Schwellenwert von Methional bei 250 ppb [MEILGAARD, 1975]. In einer alkoholfreien Matrix ist der Schwellenwert jedoch deutlich geringer, so ist dieser etwa in Sonnenblumenöl 0,4 ppb und in Wasser 1,7 ppb [GROSCH, 1994].

In alkoholhaltigem Bier ist die Wahrnehmungsschwelle von Methional im Vergleich zu alkoholfreien Lösungen relativ hoch, dies deutet darauf hin, dass Ethanol eine Rolle in der Retention, d.h. der vermehrten Zurückhaltung der Warty Off-Flavour-

Komponenten einnehmen kann. Wird alkoholfreies Bier mit alkoholhaltigem verglichen, ergeben sich in der Matrix-Zusammensetzung folgende Unterschiede:

- Alkoholfreies Bier enthält je nach Erzeugerland 0,1 bis 0,5% Ethanol und enthält ebenfalls Dextrine und fermentierbare Zucker bis zu 8° Plato (1° Plato entspricht 1g Zucker/100 g Bier).
- Alkoholhaltiges Bier enthält rund 5% Ethanol, Dextrine jedoch nur bis zu 3° Plato und keine fermentierbaren Zucker [PERPÈTE und COLLIN, 2000].

PERPÈTE und COLLIN [2000] untersuchten das Retentionsverhalten von 2-Methylbutanal und 3-Methylbutanal welche ebenso wie Methional an der Entstehung des Worty Off-Flavours beteiligt sind in unterschiedlichen Lösungen. Mittels dynamic headspace analysis wurden die Interaktionen zwischen den Aldehyden und den verschiedenen Bierkomponenten im wässrigen System quantifiziert.

Zuerst wurde der Einfluss des Ethanolgehalts untersucht. Es wurden verschiedenen Lösungen mit unterschiedlichen Ethanolgehalten (0,00; 0,25; 0,50; 0,75; 1,00; 1,50; 5,00) ansteigende Mengen der Aldehyde zugesetzt. Aus den Steigungen der einzelnen Konzentrationskurven wurde die „relative recovery“ errechnet, welche aussagt, bei welcher Ethanolkonzentration wie viel der Aldehyde zurückgehalten wird. Eine hohe „relative recovery“ bedeutet eine geringe Retention der Aldehyde und umgekehrt. Das Ergebnis zeigte, dass je höher der Ethanolgehalt der Lösung war, umso mehr 3-Methylbutanal bzw. 2-Methylbutnal in den Lösungen zurückgehalten wurden.

In der Kurve der „relative recovery“ in Abb. 7 ist ersichtlich, dass schon ein Ethanolgehalt von 0,5% zu einer erhöhten Retention von 8-12% führte, 5% Ethanol bewirkten eine Zurückhaltung der Aldehyde um 32-39%. Dies lässt darauf schließen, dass in einem Bier mit 5% Ethanolgehalt Aldehyde, die für ein Worty Off-Flavour verantwortlich sind besser zurückgehalten werden als in einem Bier mit geringem bzw. keinem Ethanolgehalt und diese somit auch geringer wahrgenommen werden.

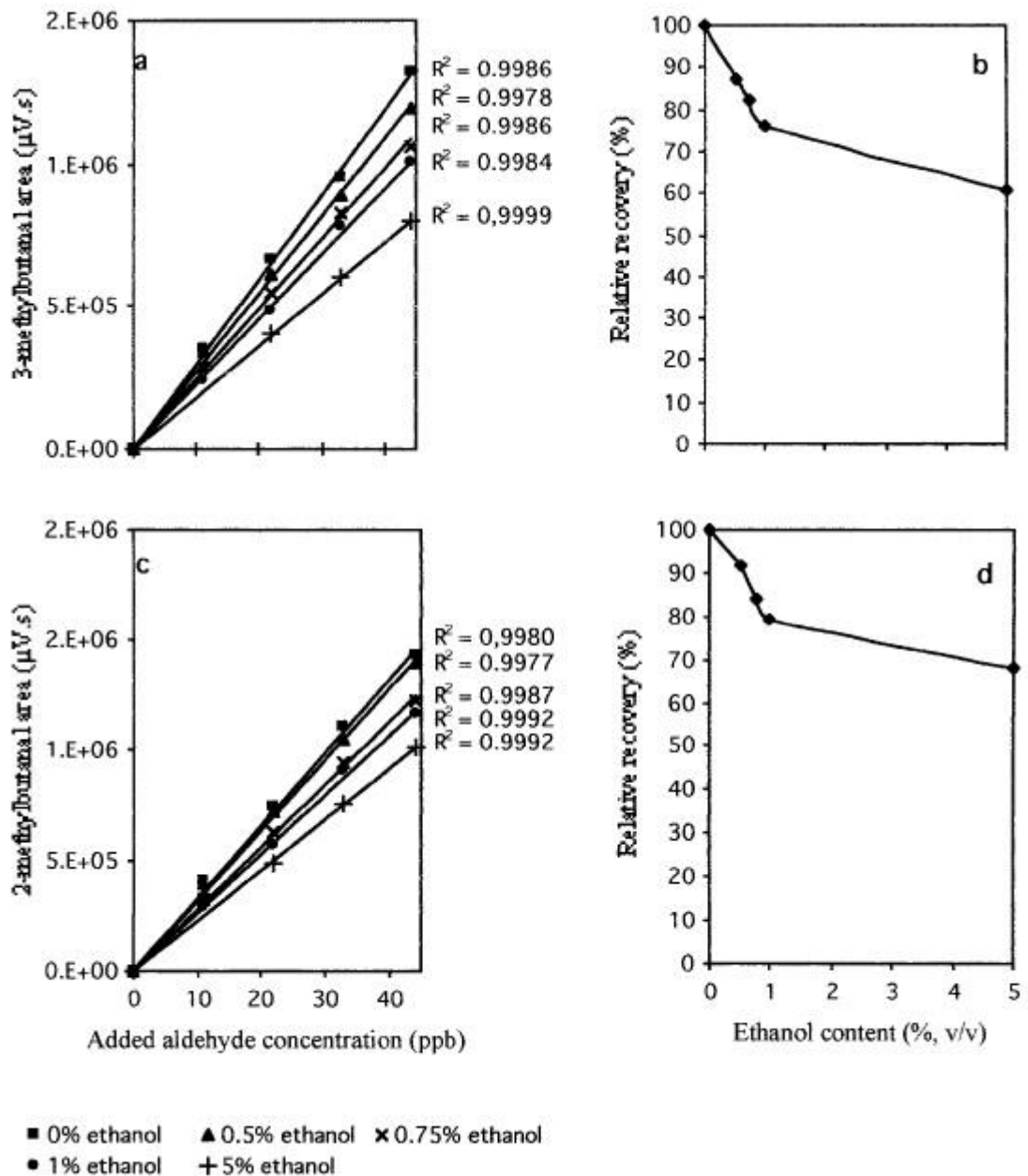


Abbildung 7: Zusammenhang Ethanolgehalt und Aldehydretention [PERPETE und COLLIN, 2000]

Mit der gleichen Methode untersuchten PERPETE und COLLIN [2000] auch die Auswirkung von Lösungen mit unterschiedlichem Zuckergehalt, wobei der Zuckergehalt in °Plato angegeben wurde (0°, 1°, 3°, 6°, 12°), Mono- und Disaccharide wurden dabei berücksichtigt.

Lt. Abb. 8 hat sich gezeigt, dass die „relative recovery“ bei beiden Aldehyden einen Peak verursachte im Bereich von ca. 2-8° Plato, mit steigendem Zuckergehalt nahm die Retention aber wieder zu. Dieser Bereich von 2-8° Plato ist genau jener Zuckergehalt,

der in alkoholfreien Bieren vorhanden ist. Das bedeutet, dass die Retention der Worty Off-Flavour verursachenden Komponenten genau in dem Bereich des Zuckergehalts am geringsten ist, welcher dem von alkoholfreien Bieren entspricht und somit in diesen verstärkt wahrgenommen wird. Alkoholhaltige Biere haben jedoch nur eine Zuckerkonzentration von maximal 3° Plato, wobei hier der vorhandene Ethanol schon eine verstärkte Zurückhaltung der Worty Off-Flavour-Aldehyde bewirkte und diese somit ohnehin weniger wahrgenommen wurden.

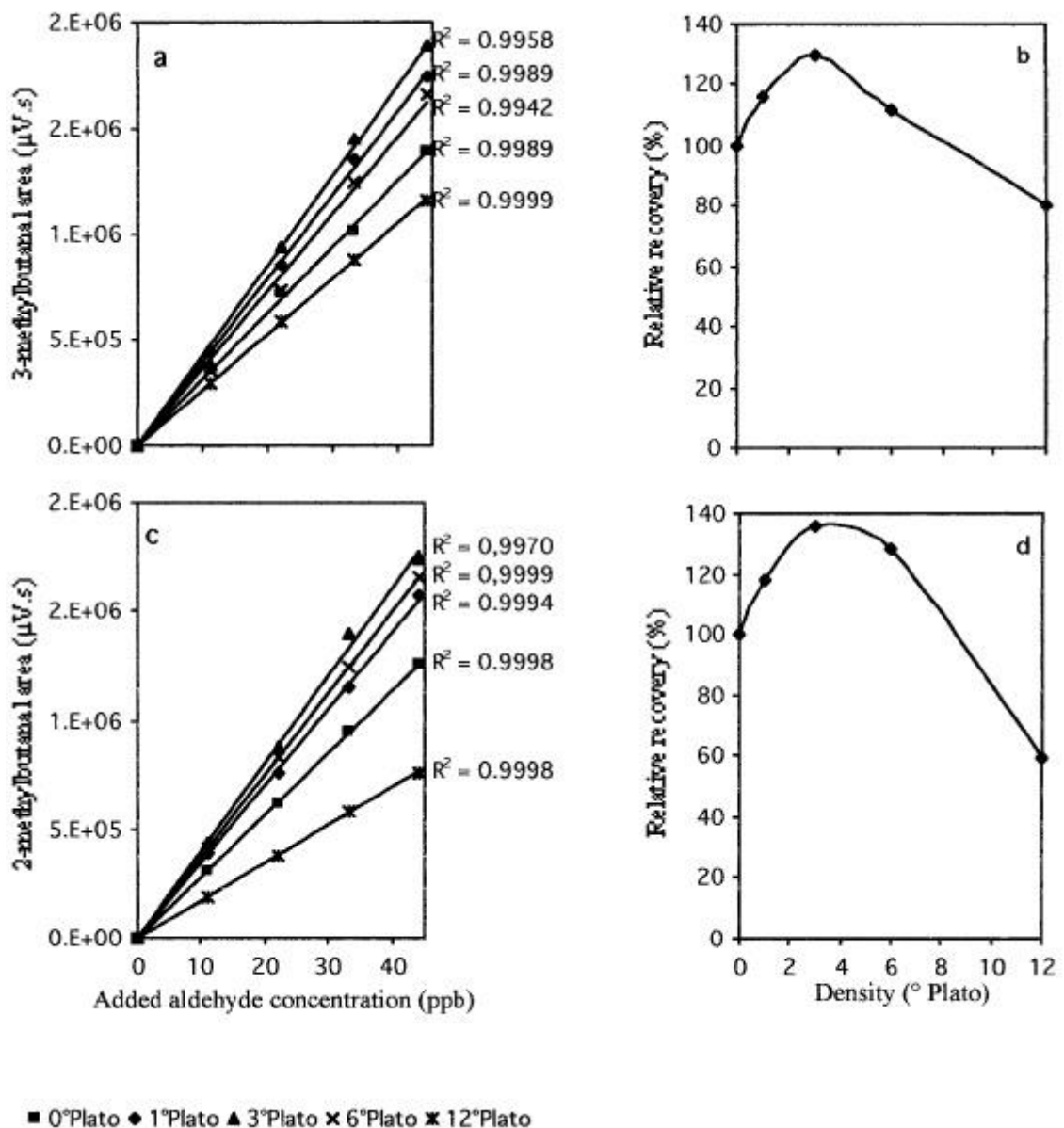


Abbildung 8: Zusammenhang Zuckergehalt und Aldehydretention [PERPETE und COLLIN, 2000]

PERPÈTE und COLLIN [2000] untersuchten auch die Wahrnehmung von Methional in einer alkoholhaltigen und einer alkoholfreien Lösung, welche den Zucker- und Ethanolkonzentrationen von alkoholhaltigem und alkoholfreiem Bier entsprachen mittels sensorischer Analyse. Angewandt wurde ein Triangel Test mit unterschiedlichen Methionalkonzentrationen in den Lösungen. Es zeigte sich, dass bis zu einer Methionalkonzentration von 20 ppb die alkoholfreie Lösung jene Lösung war, in der die Mehrheit der Personen das Methional wahrgenommen hat (Tab. 3) [PERPÈTE und COLLIN, 2000].

Tabelle 3: Wahrnehmung von Methional in alkoholhaltiger und alkoholfreier Lösung [PERPETE und COLLIN, 2000]

Concentration added (ppb)	0.025	0.05	0.1	0.25	0.5	2
Matrix used						
Alcoholic model solution	20	20	50	60	70 ^a	80 ^a
Alcohol-free model solution	40	50	80 ^a	90 ^a	100 ^a	100 ^a
^a Significant with a 5% threshold						
Concentration added (ppb)	6	10	20	50	100	
Matrix used						
Alcoholic model solution	80 ^a	90 ^a	90 ^a	100 ^a	100 ^a	
Alcohol-free model solution	100 ^a	100 ^a	100 ^a	100 ^a	100 ^a	
^a Significant with a 5% threshold						

2.3.2.3 Verhalten des Worty Off-Flavours im Kälte-Kontakt-Verfahren

Das Kälte-Kontakt-Verfahren gehört zu den biologischen Verfahren in der Herstellung von alkoholfreien Bieren. Die Bierwürze wird hier bei niedrigen Temperaturen um ca. 0°C vergoren. Bei diesen Temperaturen wird von der Hefe kein Ethanol produziert [SCHWENDT, 2006]. Allerdings zeigt die Hefe dennoch verschiedene metabolische Aktivitäten wie Ester- und höhere Alkoholprodukte und ebenso Reduktion von Carbonylverbindungen, die für das Worty Off-Flavour verantwortlich sind.

PERPÈTE und COLLIN, [1999] zeigten, dass Aldehyde wie 3-Methylbutanal und Methional im Kälte-Kontakt-Verfahren bei 0°C einer 12°P Würze in den ersten vier Stunden der Fermentation relativ schnell abgebaut wurden, nach acht Stunden waren von diesen beiden Aldehyden rund 60% der Ausgangskonzentration abgebaut (bei einer Fer-

mentation bei 28°C wäre die Reduktion rund 85%), allerdings war ab diesem Zeitpunkt keine weitere Reduktion der Aldehyde zu verzeichnen (Abb. 9). Damit es überhaupt zum Aldehydabbau kommt, sind lebensfähige, aktive Hefen notwendig, inaktivierte Hefen (z.B. durch Hitze) sind dazu nicht fähig.

Ein Abbau der Aldehyde auf chemischem Weg durch Reaktionen mit anderen Inhaltsstoffen ohne Hefezusatz findet beim Kälte-Kontakt-Verfahren nicht statt [PERPÈTE und COLLIN, 1999].

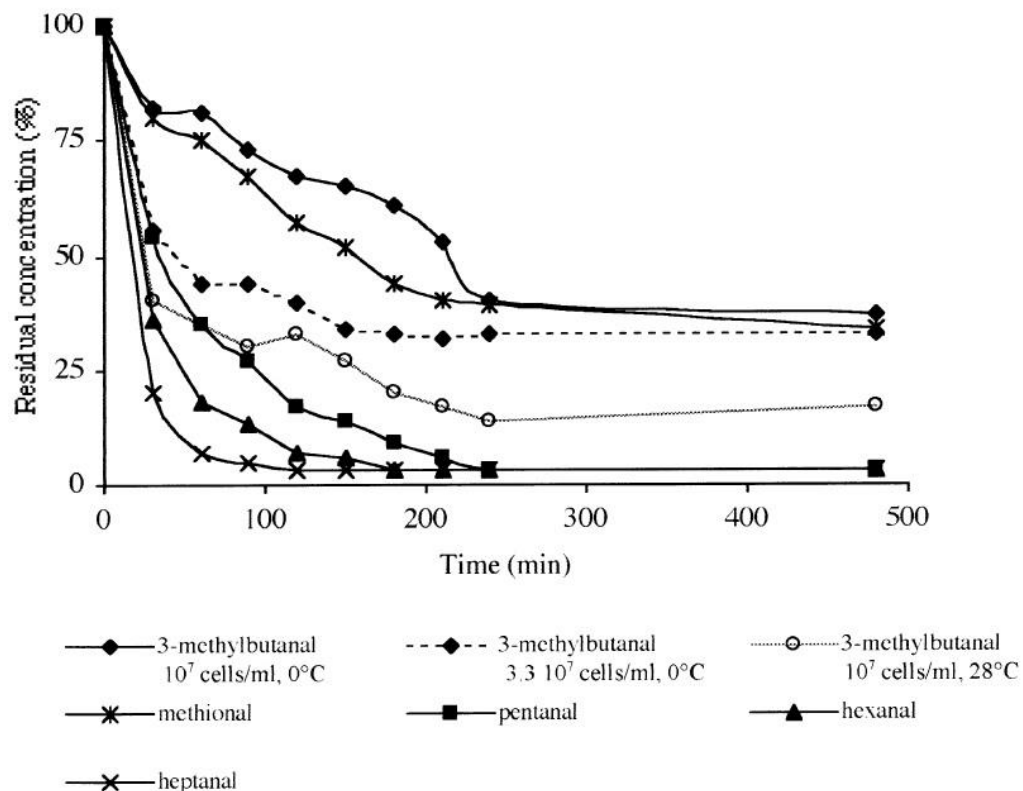


Abbildung 9: Aldehydabbau im Kälte-Kontakt-Verfahren [PERPETE und COLLIN, 1999]

Wie oben schon erwähnt, werden nur bis zu 60% der vorhandenen Aldehyde von den Hefen abgebaut, die verbleibenden 40% überschreiten jedoch die Schwellenwerte, somit ist das Worty Off-Flavour wahrnehmbar. Die Reduktion der Aldehyde verringert sich, weil diese unter den Temperaturen des Kälte-Kontakt-Verfahrens leicht und energiearm eine Bindung mit vorhandenen Polyphenolen eingehen welche in der Bierwürze mit Konzentrationen von 150-300 ppm vorhanden sind. Diese Aldehyd-

Polyphenol-Verbindungen können von den Hefen nicht abgebaut werden [PERPÈTE und COLLIN, 2000].

Eine Möglichkeit, dem entgegenzuwirken wäre die Fermentation bei höheren Temperaturen durchzuführen, allerdings mit genetisch modifizierter Hefe, die bei höheren Temperaturen auch kein Ethanol produziert, oder eine andere Möglichkeit ist, den Level an Polyphenolen in der Würze zu senken, um die Bindungen an die Aldehyde zu verhindern. Diese können auf chemischem Weg mit Formol entfernt oder auch aus der Würze gefiltert werden. Ein Vorteil der Filtrierung ist, dass auch ein Teil der Aldehyde, die für das Worty Off-Flavour verantwortlich sind, mit herausgefiltert werden [PERPÈTE und COLLIN, 2000].

2.3.2.4 Möglichkeiten zur Verringerung des Worty Off-Flavours

Es gibt die Möglichkeit die Retention, d.h. die Zurückhaltung von Worty Off-Flavour-erzeugenden Aldehyden zu erhöhen, dazu werden Stoffe genutzt, die die Wirkung von Ethanol nachahmen. Dies sind bei höheren Zuckergehalten Dextrine, aber auch Glycerin, welches durch Hefen in geringen Mengen erzeugt wird, bewirkt eine vermehrte Aldehyd-Retention [SCANES et al., 1998].

PERPÈTE und COLLIN [2000] zeigten auch den Zusammenhang der Aldehyd-Retention bei unterschiedlichen Glycingehalten auf.

Im Diagramm mit dem Zusammenhang zwischen „relative recovery“ und dem Glycingehalt der Lösungen ist in Abb. 10 zu erkennen, dass sowohl für 3-Methylbutanal als auch für 2-Methylbutanal die Retention mit steigendem Glycingehalt ebenfalls zunahm. 4,5% Glycerin in der Bier-simulierenden Lösung erhöhten die Aldehydretention um bis zu 40%. Ein erhöhter Glycingehalt in Bier könnte auf natürlichem Weg durch Glycerin produzierende Hefen erreicht werden.

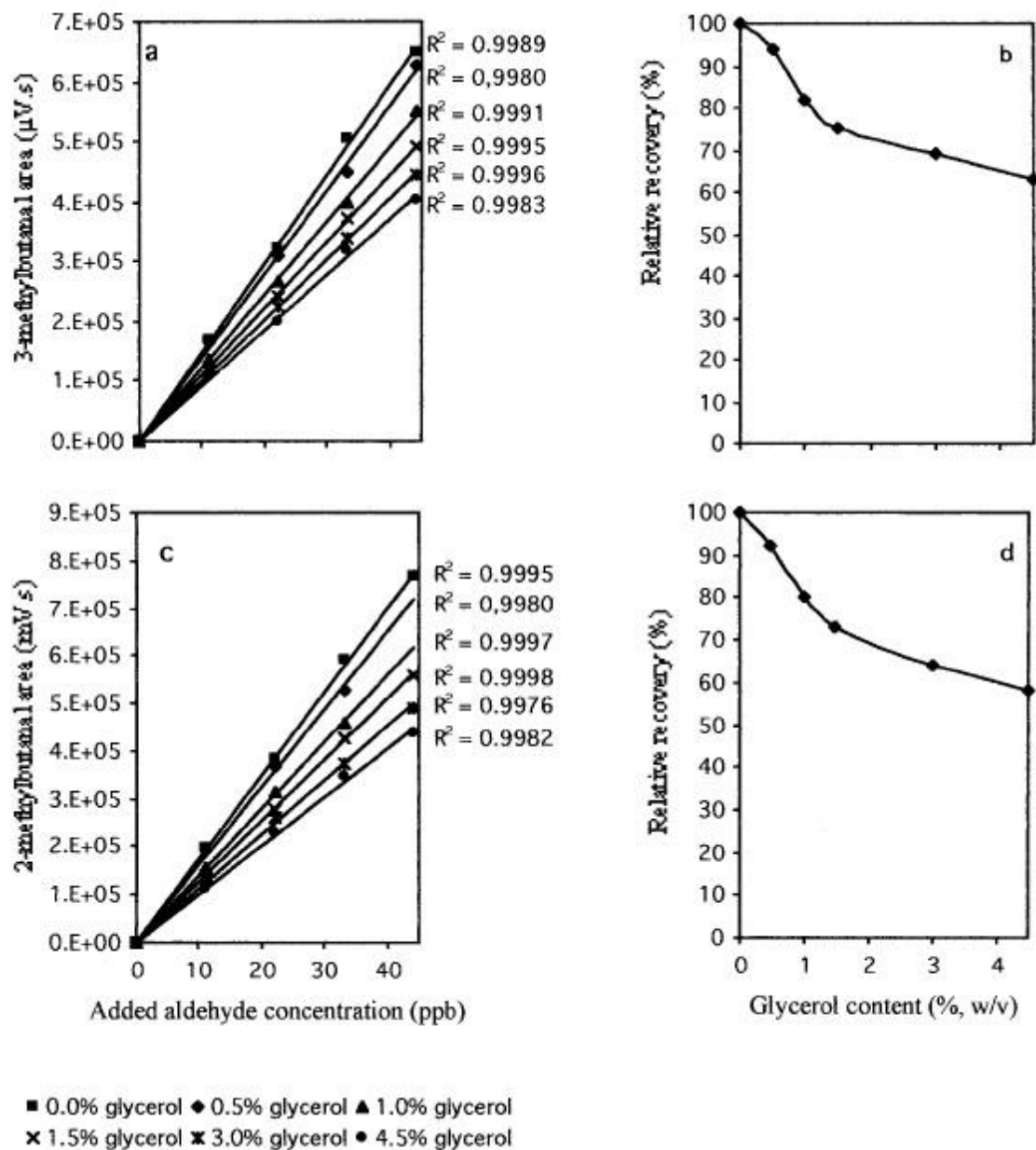


Abbildung 10: Zusammenhang Glycingehalt und Aldehydretention [PERPETE und COLLIN, 2000]

2.3.3 Weitere Off-Flavour

2.3.3.1 Fettsäuren

Sämtliche Fettsäuren sind in allen Bieren unerwünscht, sie beeinflussen die Schaumbildung und geben dem Bier ein fettiges, seifiges, buttriges Off-Flavour das laut Beer – Flavour-Terminology als „fatty“, „soapy“, „oily“ und „rancid“ bezeichnet wird [BOULTON und QUAIN, 2001].

2.3.3.2 Kontamination durch Mikroorganismen

Alkoholfreie Biere sind anfälliger für mikrobielle Kontamination. In alkoholhaltigen Bieren bietet Ethanol einen Schutzeffekt gegen Mikroorganismen, daher sind alkoholfreie Biere leichter kontaminierbar, mit höheren Pasteurisationstemperaturen ist es zwar möglich, einem Befall entgegenzuwirken, doch bewirken diese höheren Temperaturen auch wieder Einbußen in der kolloidalen Stabilität. Der höhere Gehalt an fermentierbaren Zuckern in alkoholfreien Bieren ist ein weiterer Grund, warum es zu einer häufigeren mikrobiellen Kontamination kommt.

Bei einer Kontamination entwickeln sich im Bier Off-Flavour wie faule Eier, gekochter Kohl, Sellerie, Essig und Diacetyl. Diacetyl (Abb. 11) steigt bei bakterieller Kontamination an, dieses gibt dem Bier ein ausgeprägt buttriges Flavour. Auch der Geruch wird als sehr buttrig beschrieben [SOHRABVANDI et al., 2010].

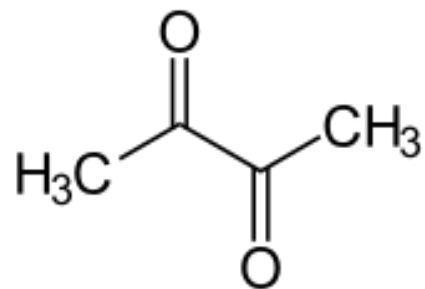


Abbildung 11: Strukturformel Diacetyl
[WIKIPEDIA, 2015]

2.4 Der Brauprozess

Der Brauprozess besteht aus mehreren Herstellungsschritten, die in Folge beschrieben werden. Die Abfolge dieser Schritte ist auch graphisch in Abb. 12 dargestellt.

2.4.1 Rohstoffe

Zur Herstellung von Bier, zum Brauen werden vier Rohstoffe benötigt: Malz als Extraktträger, Hopfen als Quelle für diverse Bitterstoffe, Hefe wegen der notwendigen Gärungsenzyme und Wasser als Lösungsmittel [LINKE, 2004].

Das benötigte Malz wird aus Braugerste hergestellt, diese hat einen höheren Stärkeanteil als die Futtergerste. Die Braugerste wird in Wasser eingelegt, dadurch quillt diese auf und wird danach bei 12-16°C zum Keimen gebracht. Durch die Keimung wird die Stärke von Enzymen der Gerste in Maltose und Dextrine gespalten, welche im Bier durch die Hefe vergoren werden. Das angekeimte Malz wird durch Heißluft getrocknet, dieser Vorgang wird auch als „Darren“ bezeichnet. Helles Malz wird bei 80°C gedarrt, für dunkles Malz werden 105°C benötigt [HLATKY und REIL, 1997].

2.4.2 Maischen

Vor dem Maischen wird das benötigte Malz zerkleinert/geschrotet. Das geschrotete Malz wird nun in einem Maischebehälter mit Wasser vermischt. Bei Temperaturen von 35-50°C wird die Mischung ständig umgerührt. Nach Erreichen der Einmaischtemperatur folgt eine kurze Eiweißrast von ca. 15 Minuten, danach wird die Temperatur auf ca. 65°C erhöht, es folgt die erste Verzuckerungsrast, in der sich Maltose bildet. Jetzt wird die Temperatur auf 72°C erhöht und es folgt die zweite Verzuckerungsrast, in dieser werden die Dextrine gebildet. Danach wird die Temperatur noch einmal auf 78°C erhöht. Abgesehen von den Rastphasen wird die Maische immer gerührt [HLATKY und REIL, 1997]. 78°C dürfen nicht überschritten werden, sonst wird Stärke in die Lösung freigesetzt. Weil ab 78°C aber auch die Enzyme aus dem Malz (α - und β -Amylasen) zerstört werden, kann diese Stärke nicht mehr abgebaut werden [HANGHOFER, 1999]. Das eigentliche Ziel beim Maischen ist, die hochmolekularen Inhaltsstoffe aus dem Malz abzubauen und im Wasser zu lösen [LINKE, 2004].

2.4.3 Läutern

Der Läuterprozess ist die Trennung der flüssigen Würze vom festen Malzschrot, auch als Treber bezeichnet. Diese Trennung erfolgt im Läuterbottich [HLATKY und REIL, 1997]. Nachdem die Maische in den Läuterbottich geleitet wurde, muss diese ca. 15 Minuten rasten, damit sich der Treber am Boden absetzen kann [HANGHOFER, 1999]. Das Läutern besteht aus zwei Abschnitten, der Filtration, bei der die Würze durch die Treberschicht am Boden des Läuterbottichs abfiltriert wird und der Extraktion, bei der aus dem Treber mit 78°C warmen Wasser die restlichen löslichen Extrakte herausgewaschen werden. Es können auch diverse Maischefilter oder Filtertücher verwendet werden [LINKE, 2004].

2.4.4 Würzekochen

In der Sudpfanne wird die Würze nun 1,5 Stunden gekocht [HLATKY und REIL, 1997]. Nach ca. 10-20 Minuten Kochzeit bilden sich Flocken in der Würze, das ist das Eiweiß, welches sich aus der Lösung abscheidet, dieser Zeitpunkt wird als Würzebruch bezeichnet. Dies ist der Moment, um den Hopfen zur Würze hinzuzufügen, dieser wird nach Bitterkeit dosiert [HANGHOFER, 1999]. Das Würzekochen hat mehrere Gründe, es dient zur Lösung der Hopfenbitterstoffe, zum Ausfällen von Eiweißkoagulaten, zur Enzyminaktivierung, zur Sterilisation, zur Farbstoffbildung sowie zur Aufkonzentrierung des Stammwürzegrades, indem Wasser verdampft [LINKE, 2004].

2.4.5 Kühlen

Die Würze wird anschließend auf 4-8°C heruntergekühlt. Gebildete Heißtrübstoffe werden mittels Zentrifuge (Wirtpool oder Flotationstank) abgeschieden. Die Trübstoffe werden auch als Heißtrub bezeichnet. Kühltrub wird erst in der Kaltwürze abgeschieden, daher ist dessen Abtrennung erst nach der Würzekühlung möglich [LINKE, 2004].

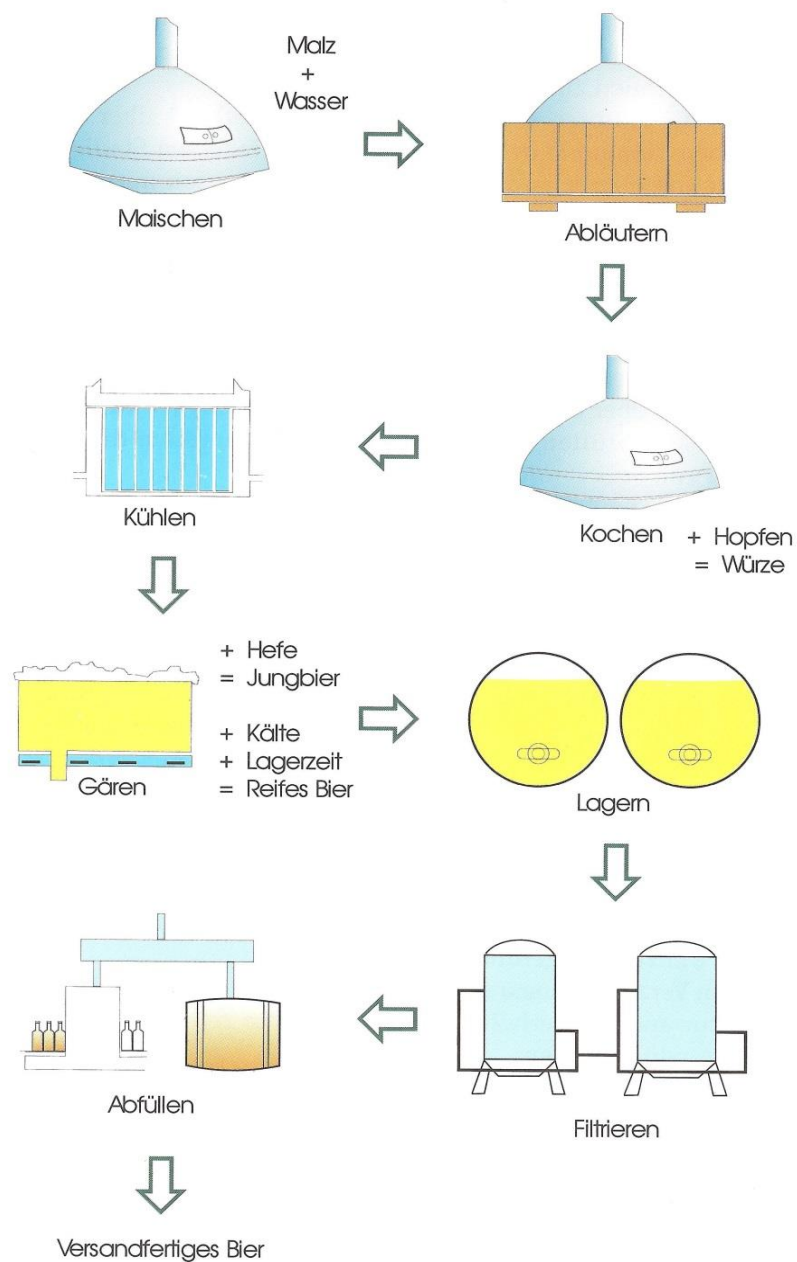


Abbildung 12: Einzelne Schritte im Brauprozess [mod. HLATKY und REIL, 1997]

2.4.6 Gärung und Lagerung

Nach dem Kühlen wird die Würze in Gärbottichen oder Gärtanks mit Hefe versetzt. Verwendet werden Hefen der Gattung *Saccharomyces*. Je nach verwendeter Hefe unterscheidet sich die Gärung in obergärige oder untergärige Verfahren. Obergärige Biere vergären bei Temperaturen von 15-20°C innerhalb von 2-3 Tagen, untergärige Biere bei 4-8°C innerhalb von 7-8 Tagen [HANGHOFER, 1999]. Die Hefe bewirkt durch ihre

Enzyme eine Umwandlung der vergärbaren Zucker in der Würze zu Ethanol und Kohlendioxid. Es werden ca. 98% der Zucker in der Würze vergoren [LINKE, 2004].

Das fertige, aber noch junge Bier wird in Lagertanks bis zu sechs Monate gelagert [HLATKY und REIL, 1997].

Neben der erwünschten Hauptreaktion, der Ethanolproduktion, ist die Hefe ebenso für die Bildung vieler qualitätsbestimmender Aromastoffe wie höhere Alkohole, Fuselöle und Ester verantwortlich. Diese Stoffe heißen auch Bukettstoffe [LINKE, 2004].

Fuselöle und Ester geben dem Bier ein angenehm fruchtiges Aroma [PERPÈTE und COLLIN, 1999].

Zu Beginn der Gärung werden auch unerwünschte Aromastoffe wie etwa Aldehyde oder Diacetyl gebildet, diese werden jedoch im Laufe der Reifelagerung wieder abgebaut. Diacetyl gibt dem Bier ein ausgeprägt buttriges Flavour [SOHRABVANDI et al., 2010].

Aldehyde wie 3-Methylbutanal, 2-Methylbutanal oder Methional sind die Hauptursache für das Warty Off-Flavour im Bier [PERPÈTE und COLLIN, 1999].

Diese unerwünschten Stoffe werden auch als Jungbierbukettstoffe bezeichnet [LINKE, 2004].

2.4.7 Filtration

Nach der Lagerung werden verschiedene unerwünschte Stoffe aus dem Bier abfiltriert, dies sind unter anderem organische und anorganische Feststoffpartikel und Verunreinigungen, Hefen und andere Mikroorganismen, sowie Trübstoffe wie Hopfenharze oder Rest-Eiweiße. Zur Hauptfiltration werden Anschwemmfilter und Schichtenfilter zur Nachfiltration und Entkeimung verwendet. Ebenso können diverse Filterhilfsmittel wie etwa Kieselgur zum Einsatz kommen [LINKE, 2004].

2.4.8 Abfüllen

Das Abfüllen des fertigen Bieres erfolgt in den großen Brauereien heutzutage ausschließlich über vollautomatische Abfüllanlagen, in denen Fässer, Flaschen und auch Container befüllt werden. Eine moderne Abfüllanlage ist für eine Befüllung von ca.

50000 Flaschen/h ausgelegt. Nach dem Abfüllen und dem Verschließen der diversen Behältnisse durchlaufen diese aus hygienetechnischen Gründen noch eine Pasteurisationsanlage sowie die Etikettiermaschine [LINKE, 2004].

2.5 Herstellung von alkoholfreien und alkoholreduzierten Bieren

Um Biere mit geringem oder keinem Ethanolgehalt zu produzieren, werden zusätzlich zum herkömmlichen Brauprozess diverse Verfahren angewendet, die sich grundsätzlich einer von zwei Gruppen zuordnen lassen:

- Biologische Methoden
- Physikalische Methoden

Der wesentliche Unterschied in den beiden Gruppen besteht darin, dass bei biologischen Methoden die Ethanolbildung unterdrückt wird, während hingegen bei den physikalischen Methoden der Ethanol aus einem fertig vergorenen Bier entfernt wird. In beiden Methodengruppen gibt es unterschiedliche Verfahren [BRÁNYIK et al., 2012], Abb. 13 bietet dazu eine detaillierte Übersicht.

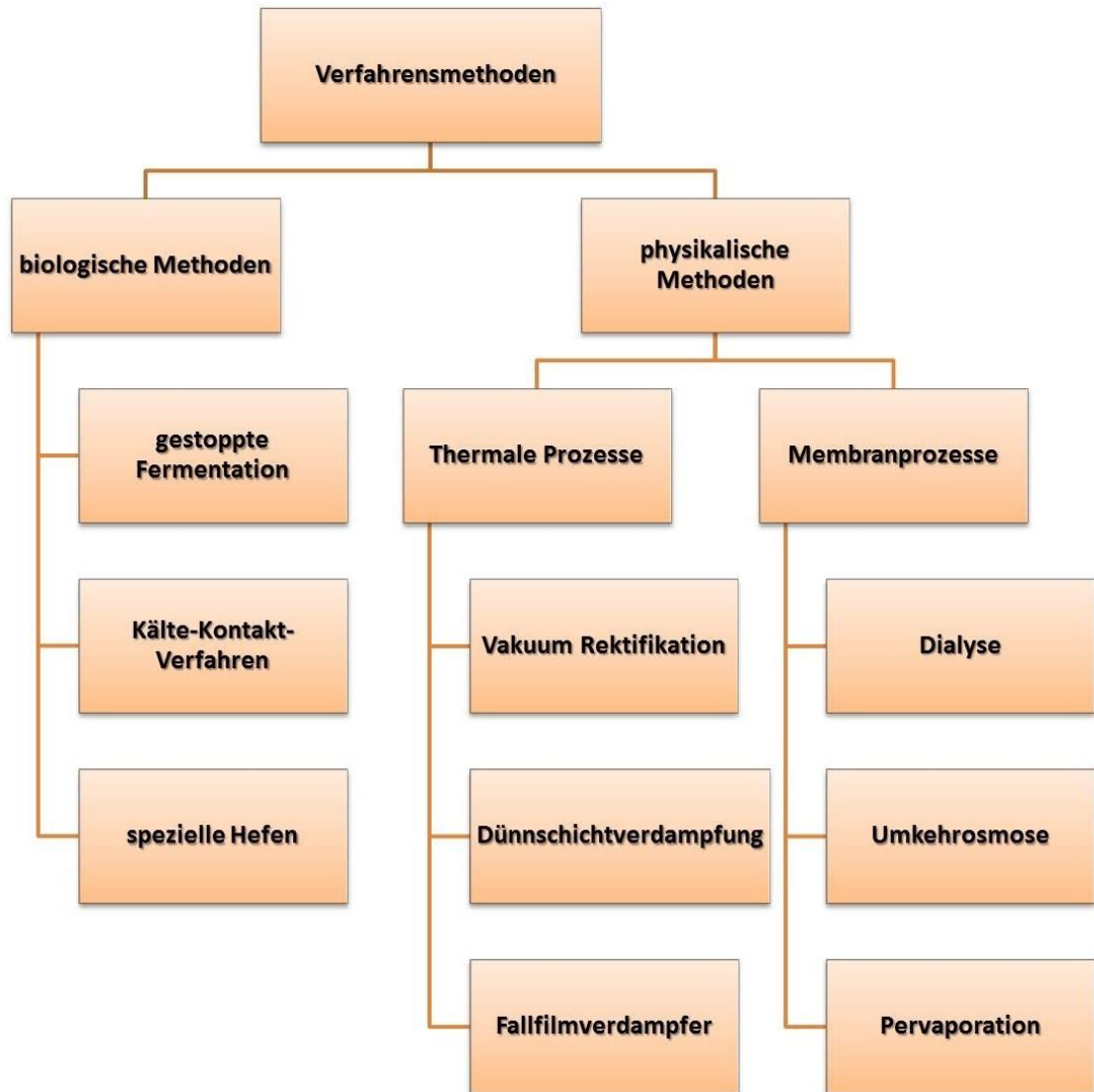


Abbildung 13: Übersicht Verfahrensmethoden

2.5.1 Biologische Methoden

Die biologischen Methoden beruhen auf einer Modifikation des herkömmlichen Brauprozesses, die Fermentation durch die Hefe wird limitiert bzw. beeinflusst, damit kein oder zumindest weniger Ethanol entsteht. Es gibt verschiedene Techniken, um die Ethanolbildung beim Bierbrauen zu kontrollieren. Gemeinsam ist diesen Techniken, dass die verwendete Würze einen geringeren Grad an fermentierbaren Zuckern aufweist als die für ethanolhaltiges Bier [MONTANARI et al., 2008]. Der Stammwürzegrad für alkoholhaltiges Bier beträgt 9-13%, für alkoholfreies Bier dagegen ist ein Stammwürzegrad von 4-7,5% erwünscht [BRÁNYIK et al., 2012]. Eine solche Würze

wird erreicht, indem das Maischen bei erhöhten Temperaturen erfolgt bzw. die Maischetemperatur auf 76°C erhöht wird. Dadurch werden vermehrt Amylasen, die im Malz enthalten sind inaktiviert und es wird die Bildung von fermentierbaren Zuckern verringert. Vor allem werden β -Amylasen deaktiviert, diese sind für die Produktion von fermentierbaren Zuckern am ausschlaggebendsten. Die α -Amylasen, die ebenfalls vorhanden sind, werden weniger stark deaktiviert, dies ist jedoch nicht so bedeutsam, weil diese die Stärke vor allem in größere Teilstücke wie Dextrine abbauen und Dextrine auf Grund ihrer Größe für die Fermentation durch Hefen nicht in Frage kommen [MONTANARI et al., 2008].

2.5.1.1 Limitierte und gestoppte Fermentation

Unter den biologischen Methoden sind diese beiden die am häufigsten angewandten in der Herstellung von alkoholreduzierten oder alkoholfreien Bieren. Der Alkoholgehalt wird gering gehalten indem entweder die Hefe entfernt wird oder Verhältnisse geschaffen werden, bei denen der Metabolismus der Hefen nur eingeschränkt abläuft [BRÁNYIK et al., 2012].

2.5.1.1.1 Gestoppte Fermentation

Die Fermentation wird abgebrochen, sobald der gewünschte Ethanolgehalt erreicht ist. Mit technischen Hilfsmitteln wird in modernen Brauereien die „Attenuation“, d.h. der Grad der Umwandlung von vergärbaren Zuckern zu Ethanol überwacht. Ist der gewünschte Ethanolgehalt erreicht, wird der Gärvorgang abgebrochen. Dies kann mittels abzentrifugieren der Hefe aus dem Bier geschehen [BURBERG und ZARNKOW, 2009]. Der Gärvorgang kann auch durch ein schnelles Abkühlen des Bieres auf 0°C und anschließender Pasteurisation beendet werden [BRÁNYIK et al., 2012].

Vorteil der gestoppten Fermentation ist, dass kein zusätzlicher Schritt im Brauprozess hinzugefügt werden muss. Der Nachteil ist allerdings, dass durch die kurze Vergärungszeit und den plötzlichen Abbruch der Gärung viele Extrakte im Bier verbleiben, die bei normaler Fermentation ebenfalls durch die Hefen abgebaut werden, daher kann ein Bier, dass auf diese Weise hergestellt wurde, ein süßes und worty Off-Flavour aufwei-

sen [BURBERG und ZARNKOW, 2009]. Es ist daher wichtig, dass bei der gestoppten Fermentation auf viele Faktoren geachtet wird, wie das verwendete Malz, der Stammwürzegehalt, die Fermentationsbedingungen, Zeit und Temperatur sowie den verwendeten Hefestamm, um Off-Flavour weitgehend zu verhindern [MONTANARI et al., 2008].

2.5.1.1.2 Limitierte Fermentation: Das Kälte-Kontakt-Verfahren

Die einfachste Möglichkeit um den Metabolismus von Hefen einzuschränken ist die Anwendung von niedrigen Temperaturen. Nachdem die Bierwürze mit einem Stammwürzegehalt von etwa 6% hergestellt ist, wird diese auf 0-1°C heruntergekühlt bevor sie mit der Hefe versetzt wird. Der eigentliche Effekt dieser Methode ist, dass bei geringen Gärtemperaturen die Hefen kaum in der Lage sind, Ethanol zu synthetisieren, andere wichtige und erwünschte Stoffwechselwege wie die Erzeugung von höheren Alkoholen und Estern, die positive Aromaeigenschaften geben oder der Abbau von Off-Flavour gebenden Aldehyden zeigen moderate Aktivität. Die Hefekonzentration sollte 30×10^6 Zellen/ml nicht überschreiten, da bei höheren Konzentrationen dennoch Ethanolproduktion auftritt [BRÁNYIK et al., 2012].

Das Kälte-Kontakt-Verfahren kann mit freier oder mit immobilisierter Hefe durchgeführt werden. Freie Hefe hat mit der Würze bei 0°C 50-100 Stunden Kontakt, zusätzlich wird mit CO₂ der Kontakt zwischen Würze und Hefe verbessert. Diese Methode ist sehr wirtschaftlich, allerdings muss der Prozess und die Ethanolbildung in regelmäßigen Abständen kontrolliert werden [MONTANARI et al., 2008].

Die Anwendung von immobilisierten Hefen erfolgt mit sogenannten Hefe-Reaktoren oder Bioreaktoren. Die Fermentation nimmt nur wenig Zeit in Anspruch und die Hefe kann lange verwendet werden. Die Hefe ist hier fix an ein Trägermaterial aufgebracht, daher der Begriff „immobilisiert“, weil sie sich nicht frei in der Bierwürze bewegen kann. Diese Träger werden dann in die Bioreaktoren eingebracht [BURBERG und ZARNKOW, 2009]. Die Trägermaterialien müssen chemisch inert, stabil, ungiftig, billig und wiederverwendbar sein und eine hohe Hefezellkonzentration auf deren Oberfläche ermöglichen [MONTANARI et al., 2008]. Solche Materialien sind unter anderem

Diethylaminoethylcellulose (DEAE-Cellulose), Calciumalginat, Calciumpektat oder Sinterglas. Die Bioreaktoren werden von der Bierwürze durchströmt. Beim Durchstrom kommt durch die Immobilisierung der Hefe an dem Trägermaterial eine Große Hefekonzentration mit der Würze in Berührung, wodurch eine hohe Fermentation bei kurzer Verweildauer stattfindet [BURBERG und ZARNKOW, 2009]. Die Hefe muss allerdings nicht immer auf einer Trägermatrix haften, andere Möglichkeiten sind etwa der Einschluss von Hefen in einer porösen Matrix, einer mikroporösen Membran oder in Mikro kapseln. Auch der calciumabhängige Prozess der Hefe-Selbstaggregation, wonach diese leicht entfernt werden kann wird angewandt [MONTANARI et al., 2008]. Dennoch ist auch beim Kälte-Kontakt-Verfahren das sensorische Ergebnis nicht zufriedenstellend, von anfänglich 100% Carbonylverbindungen wie diverse Aldehyde verbleiben 65% im entstandenen Produkt, wodurch es zur Bildung von Off-Flavour kommt. Daher bedarf es Strategien, um das Kälte-Kontakt-Verfahren zu verbessern. Dies erfolgt entweder mit der Verminderung des Polyphenollevels der Würze mit Polyvinylpolypyrrolidone (PVPP), denn an den Polyphenolen haften oft Aldehyde, die bei Bindung an diesen nicht abgebaut werden können, oder mit Einsatz von speziellen oder genetisch veränderten Hefen [BRÁNYIK et al., 2012].

2.5.1.2 Spezielle und gentechnisch veränderte Hefen

Zur Herstellung von alkoholfreien Bier können auch andere Hefen als *Saccharomyces cerevisiae* verwendet werden. Eine Möglichkeit ist die Verwendung von *Saccharomyces ludwigii*, dieser Hefestamm ist dazu fähig, Glucose, Saccharose und Fructose zu fermentieren, ist allerdings nicht in der Lage, Maltose zu verwerten, denn ihm fehlen die Enzyme Invertase und Maltase [MONTANARI et al., 2008]. Maltose macht jedoch 75% der fermentierbaren Zucker in der Bierwürze aus. Dieser verbleibt in der Matrix und macht das Endprodukt süßer als herkömmliches Bier, allerdings ist der Süßegrad von Maltose wesentlich geringer als jener von Glucose oder Fructose. *S.ludwigii* hat eine langsame Umsetzungsrate, daher ist die Fermentationszeit entsprechend lang (bis zu 120 Stunden), auch wenn die Temperatur 20°C beträgt, d.h. nicht erniedrigt wurde. Interessant ist, dass *S.ludwigii* eine signifikant höhere Bildung von sensorisch aktiven

Nebenprodukten wie höhere Alkohole und Ester zeigt als herkömmlich verwendete Hefen. Diese wirken sich positiv auf das Bierflavour aus und helfen, das worty Off-Flavour zu maskieren. Gänzlich lässt sich das worty Off-Flavour jedoch nicht beseitigen, weil *S.ludwigii* einen geringen Abbau von Aldehyden zeigt. Außerdem zeigt dieses Verfahren eine gewisse Anfälligkeit für Kontamination mit Mikroorganismen, daher muss mit hohen hygienischen Standards gearbeitet werden [BRÁNYIK et al., 2012].

Relativ neu ist auch eine Methode, bei der ein Pilz der Gattung *Monascus* verwendet wird. Bei der Fermentation der Bierwürze mit diesem Pilz entstand ein Getränk mit ganz geringem Alkoholgehalt, welches einen erfrischenden Geschmack hatte, eine glitzernde rötliche Farbe besaß und noch dazu hohe antioxidative Eigenschaften aufwies. Allerdings ist es laut Autoren fraglich, ob dieses Getränk tatsächlich als „Bier“ bezeichnet werden kann [LIN et al., 2005].

Ein anderer Weg, um die Hefetätigkeiten zu verbessern ist die Hefe genetisch zu verändern. Es gibt mehrere Möglichkeiten, eine genetische Veränderung an den Hefen durchzuführen: Random Mutation, Bestrahlung oder gezielte gentechnische Veränderung. So kann unter anderem der Citrat-Zyklus der Hefen verändert werden, indem die 2-Ketoglutarat-Dehydrogenase oder die Fumarase gehemmt wird. Das Bier, welches mit diesen Hefen gebraut wird hat einen geringen Ethanolanteil, jedoch einen hohen Anteil an höheren Alkoholen und Estern. Die Milchsäure, die zusätzlich produziert wird, hat einen Schutzeffekt gegenüber Verunreinigung des Bieres mit Mikroorganismen. Eine andere Möglichkeit ist Hefen zu verwenden, denen das Enzym Alkoholdehydrogenase fehlt. Die damit erzeugten Biere weisen einen Anteil von 0,3-2% Glycerin auf, dieses wirkt dem worty Off-Flavour entgegen. Die Möglichkeiten, die genetische Veränderungen in Hefen bieten, sind vielversprechend und werden in Zukunft verstärkt eine Rolle spielen in der Herstellung von alkoholfreien und alkoholreduzierten Bieren. Durch die negative Einstellung der Öffentlichkeit gegenüber Gentechnik in der Lebensmittelproduktion wird diese Möglichkeit der Bierherstellung heute aber noch von den meisten Brauereien gemieden [BRÁNYIK et al., 2012].

2.5.2 Physikalische Methoden

Mit den physikalischen Methoden kann normal erzeugtes alkoholhaltiges Bier entalkoholisiert werden. Die physikalischen Methoden können in zwei Typen unterteilt werden:

- Thermale Prozesse
- Membranprozesse

Beide Prozesse erfordern einen zusätzlichen Verfahrensschritt gegenüber der üblichen Bierherstellung. Der Nachteil an den physikalischen Prozessen ist neben den Extrakosten für den zusätzlichen Verfahrensschritt, dass diese Biere an Flavour, Body und Frische verlieren, denn mit dem Ethanol, der entfernt wird, entweichen auch viele flavouraktive Substanzen aus dem Bier. Dem kann bis zu einem bestimmten Grad entgegengewirkt werden, indem dem entalkoholisierten Bier entweder Kräusen (in der Hauptgärung befindliche Bierwürze) oder normales Bier hinzugefügt wird, bis der gewünschte Alkohollevel erreicht ist [MONTANARI et al., 2008], [BURBERG und ZARNKOW, 2009].

2.5.2.1 Thermale Prozesse

Früher wurde das Bier einfach stark erhitzt, damit der Ethanol aus der Biermatrix verdampft. Das Problem hierbei war, dass nicht nur der Ethanol, sondern auch viele wichtige, flavouraktive Substanzen wie höhere Alkohole oder Ester auch in die gasförmige Phase übergingen. Das entstandene Bier wies einen großen Flavourverlust auf. Heutzutage wird unter Vakuum destilliert. Durch das Vakuum können geringere Temperaturen angewendet werden von 30-60°C um dem Bier keinem unnötigen Hitzestress auszusetzen. Zusätzlich wird mit Druck von 4-20 kPa gearbeitet. Die Flavourverluste sind somit geringer, müssen jedoch immer noch mit Zusatz von herkömmlichem Bier oder Bierextrakten kompensiert werden. Ein anderer Weg um Aromaverluste zu vermeiden ist, mit einer Würze zu arbeiten, die mehr Aromastoffe enthält, damit letztendlich das Endprodukt trotzdem noch viele Aromakomponenten aufweist. Auch möglich ist, die

Aromastoffe aus der Matrix der abgeschiedenen Stoffe zu isolieren und dem Bier wieder rückzuführen [MONTANARI et al., 2008].

2.5.2.1.1 Kontinuierliche Vakuum Rektifikation

Die Vakuum Rektifikation, oder auch Vakuum Gegenstromdestillation genannt, ist ein moderner Prozess, um Ethanol möglichst sanft aus Bier zu entfernen. Dazu wird das Bier zuerst entgast und in einem Plattenwärmetauscher vorgewärmt. Während der Gegenstromdestillation fließt das Bier mit 43-48°C in der Gegenstromdestillationskolonne hinunter, in der es am Boden in einen Verdampfer geleitet wird und dieser Dampf in der Kolonne aufsteigt. Dieser Dampf kommt mit dem abströmenden Bier in Kontakt und entfernt Ethanol aus diesem. Das entalkoholisierte Bier wird abgeleitet und gekühlt. Die alkoholreichen Dämpfe werden aufgefangen und konzentriert. In einer Aroma-Recovery-Einheit werden für das Bier wichtige Aromastoffe, die mit dem Ethanol verdampft sind regeneriert und wieder zurück in die Biermatrix überführt, um einen zu großen Verlust an wichtigen Flavourkomponenten zu vermeiden. Ein gänzlicher Verlust kann allerdings nicht vermieden werden. Mit diesem thermischen Verfahren können sowohl alkoholreduzierte, als auch Biere mit weniger als 0,1% Ethanol produziert werden. Die Qualität des produzierten Bieres hängt ab vom Gleichgewicht der flüssigen Phase zur Gasphase und der Dauer des Verfahrens [MONTANARI et al., 2008], [BRÁNYIK et al., 2012].

2.5.2.1.2 Dünnschichtverdampfung

Um die Prozesszeit zu verkürzen wird in diesem, ebenso unter Vakuum betriebenen Verfahren das alkoholhaltige Bier in einer dünnen Schicht (0,1mm) auf großer Oberfläche verteilt. Durch die kürzere Prozesszeit kommt es zu einer besseren Produktqualität [MONTANARI et al., 2008].

Es gibt verschiedene technische Ausführungen dieses Verfahrens wie etwa einen sich drehenden Dünnschichtverdampfer (Abb. 14) oder einen Spinnenkonus-Verdampfer (Abb. 15). Diese Verfahren beruhen alle auf der durch Drehung erzeugten Zentrifugalkraft. Das Bier wird an die Außenwände der Konstruktion geschleudert und zu einer

dünnen Schicht verteilt. Durch Erwärmung auf 35-60°C verdampft der Ethanol. Auch ein Teil des Bieres verdampft und dieser aufsteigende Dampf entfernt ebenso Ethanol aus dem Bier. Das entalkoholisierte Bier wird am Boden der Anlage abgeleitet. Die Verarbeitungszeit des Bieres ist bei diesen Verfahren ziemlich kurz, wodurch weniger qualitätsgebende Aromastoffe verloren gehen. Ein Nachteil ist, dass die große Oberfläche, die gebildet wird ein Angriffspunkt für Oxidation durch Sauerstoff sein kann [MONTANARI et al., 2008], [BRÁNYIK et al., 2012].

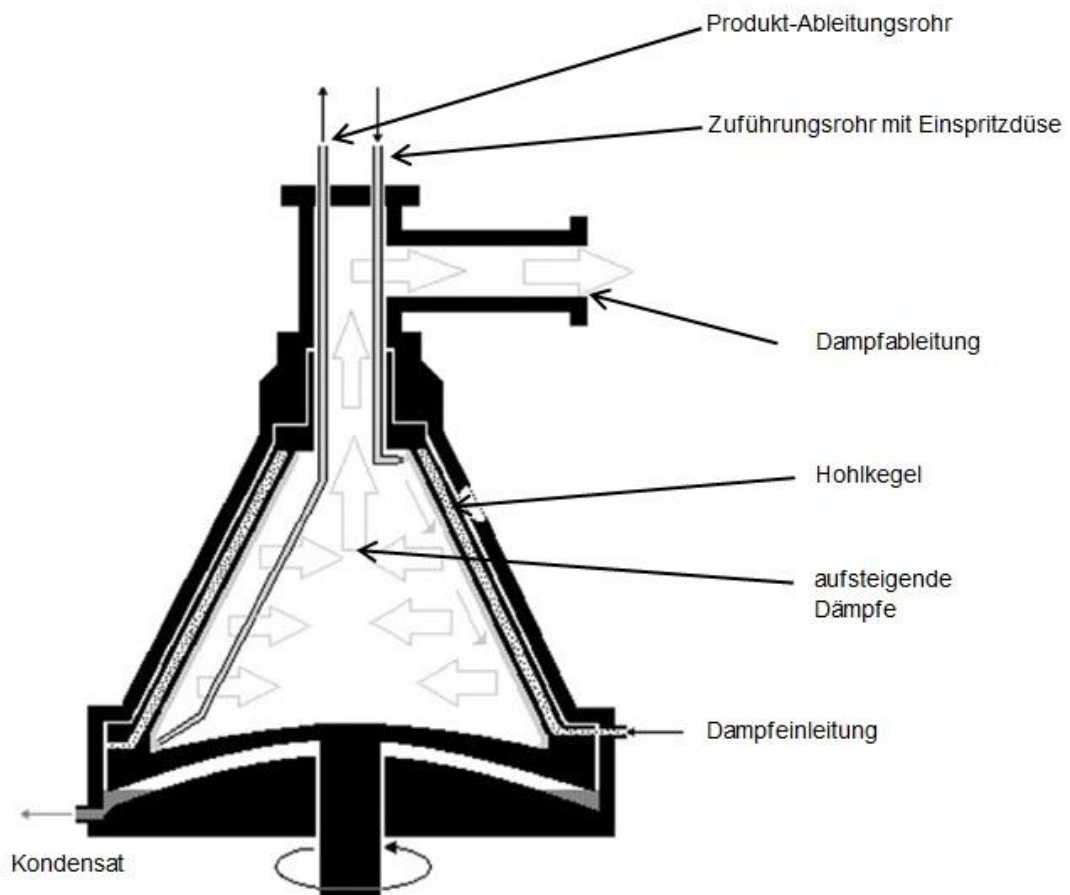


Abbildung 14: Rotierender Dünnschichtverdampfer [mod. BRÁNYIK et al., 2012]

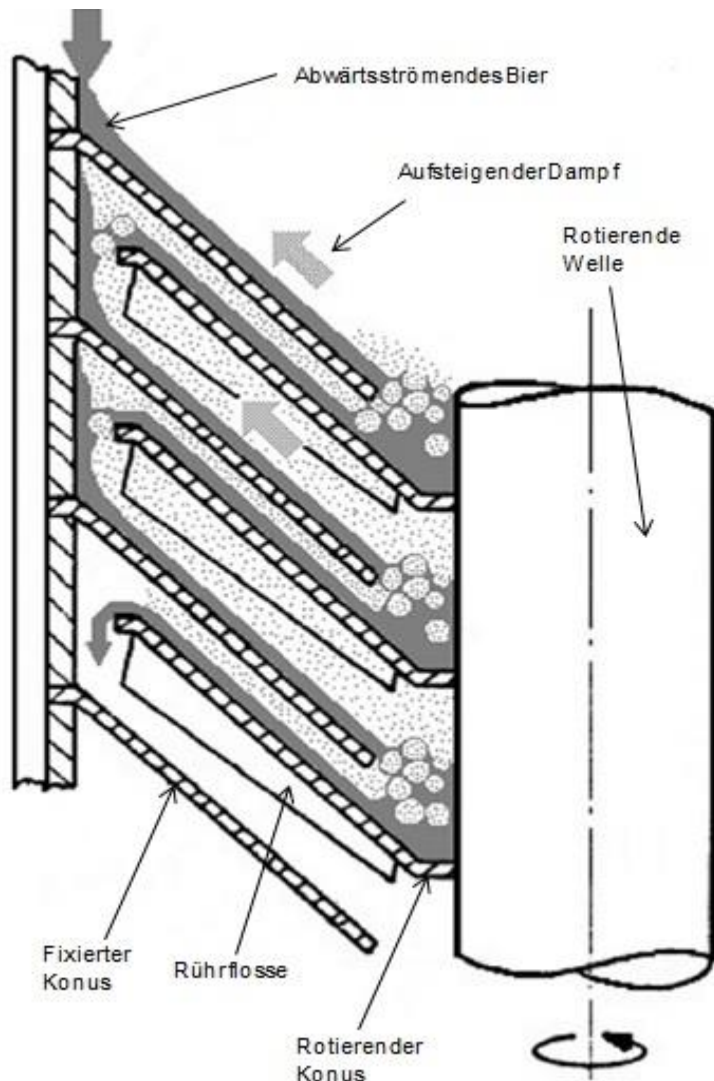


Abbildung 15: Spinnenkonus Dünnschichtverdampfer [mod. BRÁNYIK et al., 2012]

2.5.2.1.3 Fallfilmverdampfer

Die Dealkoholisierung von Bier mit einem Fallfilmverdampfer ist die billigste Methode unter den thermalen Prozessen und gleichzeitig sehr effizient. Ein Fallfilmverdampfer hat keine beweglichen Teile und ist eine einfache Konstruktion (Abb. 16). Daher ist er auch leicht zu reinigen und instand zu halten [MONTANARI et al., 2008]. Das Bier wird vorerhitzt auf 30-60°C und gelangt am oberen Ende in den Verdampfer. Dort kommt es über eine Verteilereinrichtung in die einzelnen Verdampferkolonnen und rinnt an den Verdampferrohren hinunter. Diese Röhren werden durch Dampf erhitzt, damit das Bier

die Temperatur hält und der Ethanol aus diesem entweicht. Um Energie zu sparen, kann ein Fallfilmverdampfer auch mehrstufig konstruiert werden, der heiße, aufsteigender Dampf kann dabei genutzt werden um die nächste Stufe zu erhöhen. Allerdings muss die erste Stufe dabei höher erhitzt werden, um die Hitze in den nächsten Schritten zu gewährleisten, was wieder einen größeren Verlust von erwünschten Aromastoffen mit sich bringt. Generell ist der Verlust von Qualität gebenden, flavouraktiven Substanzen einer der großen Nachteile des Fallfilmverdampfers, Ester, die für ein angenehm fruchtiges Flavour sorgen werden beinahe vollständig entfernt. Daher sollte auch bei diesem Verfahren die Aromastoffe aus dem Dampf wieder regeneriert und dem Bier zurückgeführt werden, um Verluste zu vermindern [MONTANARI et al., 2008; BRÁNYIK et al., 2012].

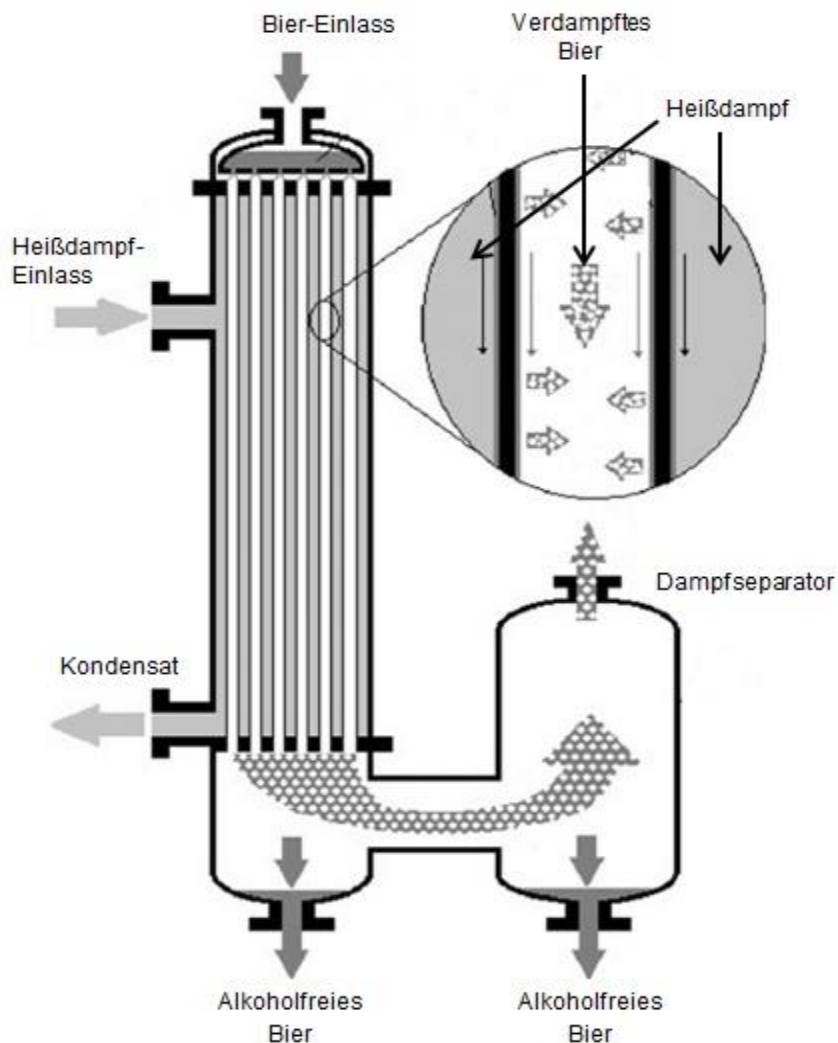


Abbildung 16: Fallfilmverdampfer [mod. BRÁNYIK et al., 2012]

2.5.2.2 Membranprozesse

Der große Vorteil der Membranprozesse ist, dass das Bier keinem Erhitzungsprozess ausgesetzt wird und daher eine Veränderung der Inhaltsstoffe aufgrund von Hitze wegfällt. Bei diesen Prozessen wird der Ethanol aus dem Bier mithilfe einer semipermeablen Membran entfernt. Diese Membran trennt das Bier, aus welchem der Ethanol entfernt wird von einer alkoholfreien Flüssigkeit, meist Wasser, ab. Die Poren der Membran sind so klein, dass nur Moleküle geringer Größe diese passieren können wie Ethanol oder Wasser, größere Moleküle wie diverse Aromastoffe verbleiben auf der jeweiligen Seite. Die semipermeablen Membranen bestehen normalerweise aus Celluloseacetat-Hohlfasermembranen oder –spiralgewundene Membranen. Der Nachteil der Membranprozesse ist, dass diese sehr teuer sind [MONTANARI et al., 2008].

2.5.2.2.1 Dialyse

In diesem Membranverfahren erfolgt die Abtrennung von Ethanol aus der Biermatrix grundsätzlich ohne der Anwendung von Druck. Die Abtrennung erfolgt nach dem physikalischen Prinzip der Diffusion, indem Teilchen vom Ort der höheren Konzentration zum Ort der niedrigeren Konzentration wandern, um ein Gleichgewicht herzustellen. Auf der einen Seite der Membran befindet sich das zu dealkoholisierende Bier, dieses wird in diesem Verfahren als Retentat bezeichnet, auf der anderen Seite der Membran steht Wasser als Dialysat zur Verfügung. Alle Teilchen im Bier, abgesehen vom im Bier befindlichen Wasser, tendieren nun dazu, in das Dialysat zu diffundieren. Durch die semipermeable Membran können allerdings nur Teilchen durchdiffundieren, die auch klein genug sind, um durch die Poren zu gelangen, wie Ethanol. Da sich nach einer gewissen Zeit ein Gleichgewicht eingestellt hat, eignet sich dieses Verfahren weniger dafür, Biere mit sehr niedrigem Ethanolgehalt herzustellen [BURBERG und ZARNKOW, 2009].

Es diffundieren allerdings auch ein Großteil der höheren Alkohole und Ester aus dem Retentat in das Dialysat, was sich negativ auf das Bier-Flavour auswirkt. Auch 50% der kurzkettigen Fettsäuren gehen verloren. Dem kann entgegengewirkt werden, indem das Dialysat schon gleiche Konzentrationen dieser Stoffe besitzt, es kann z.B. auch al-

koholfreies Bier als Dialysat verwendet werden. Obwohl das Dialyseverfahren generell ohne Druck auskommt, ist es von Vorteil, wenn geringer Druck angesetzt wird, so wird das CO₂ besser in Lösung gehalten [MONTANARI et al., 2008].

2.5.2.2.2 Umkehrosmose

Der Aufbau dieses Verfahrens ist ähnlich dem der Dialyse, das zu dealkolisierende Bier wird durch eine semipermeable Membran von Wasser getrennt. Das Prinzip beruht aber auf dem physikalischen Prinzip der Osmose, bei dem das Lösungsmittel, in diesem Fall Wasser aufgrund des osmotischen Drucks von der Seite mit geringer Teilchenkonzentration zur Seite mit der höheren Teilchenkonzentration wandert, um die Konzentration durch Änderung der Lösungsmittelmenge auszugleichen. Normalerweise würde das Wasser nun zur Seite des Bieres wandern, weil Bier mit seinen vielen Inhaltsstoffen eine höhere Teilchenkonzentration besitzt. Diese Wanderungsrichtung des Wassers kann aber umgedreht werden, indem das Bier einem Druck ausgesetzt wird [BURBERG und ZARNKOW, 2009]. Der Druck kann bis zu 40 bar (4MPa) betragen [MONTANARI et al., 2008].

Nun wandert ein Teil des Wassers aus dem Bier durch die semipermeable Membran auf die Seite des Wassers und mit diesem auch Ethanol und andere Substanzen des Bieres. Im Gegensatz zu anderen Herstellungsmethoden hat ein Bier, welches mit Umkehrosmose hergestellt wird ein ausgeprägtes Flavour [BURBERG und ZARNKOW, 2009].

Auch bei diesem Prozess kommt es zu einer Verminderung der höheren Alkohole und Ester im Bier, weil diese mit dem Ethanol durch die Membran wandern. Bei größerem Druck entsteht ein höherer Permeatfluss, unterschiedlich großer Druck wirkt sich auch auf das Verhalten der Aromastoffe aus. Auch bei höheren Temperaturen kommt es zu einem vergrößerten Fluss von Ethanol und auch Aromastoffen [CATARINO et al., 2007]. Umkehrosmose ist eine gute Methode um alkoholfreies Bier mit <0,5% Ethanol herzustellen. Die besten Konditionen zur Anwendung dieses Verfahrens sind höchstmöglicher Druck, den die Membranen noch durchhält und niedrige Temperaturen um ca. 5°C der Flüssigkeiten. Bei niedrigen Temperaturen ist das Abstoßverhalten der Memb-

ran gegenüber den Aromastoffen am effektivsten, diese diffundieren dann nur noch verringert durch die Membran. Ein weiterer Vorteil der geringen Temperatur ist, dass es zu keiner Flavourveränderung durch Hitze im Bier kommt [CATARINO et al., 2006].

2.5.2.2.3 Pervaporation

Die Anwendung von Pervaporation bei der Herstellung von alkoholfreien und alkoholreduzierten Bieren ist relativ neu. Die Pervaporation ist die Permeation, d.h. die Wanderung von Stoffen durch Polymermembranen, die genutzt wird um die Trennung von organischen Komponenten aus Flüssigkeitsgemischen bei geringem Energieaufwand zu bewirken (Abb. 17). Dieses Verfahren basiert auf der Adsorption der zu entfernenden Komponente durch die Membran. Die Membran hat eine große Affinität zu den abzutrennenden Stoffen. An der Membranhinterseite werden die adsorbierten Stoffe durch Wasserdampf in die Gasphase überführt und abtransportiert. Auch azeotrope Gemische, die mit Destillation nicht mehr weiter aufgetrennt werden können, werden durch Pervaporation weiter zerlegt [HUBER 1998].

Im Brauprozess kann die Pervaporation vor einem thermischen Verfahren durchgeführt werden. Hierbei wird jetzt aber nicht der Ethanol abgetrennt, sondern die Aromastoffe wie höhere Alkohole und Ester, die während dem thermischen Verfahren verloren gehen würden und somit im Endprodukt fehlen. Als Membranmaterial kann für die Abtrennung z.B. Polyoctylmethylsiloxan/Polyetherimid (POMS/PEI) verwendet werden. Nachdem die Aromastoffe aus dem herkömmlichen Bier abgetrennt wurden, wird der mit den Aromastoffen gesättigte Dampf aufgefangen und diese werden regeneriert. Das Bier selbst wird nun mit einem thermischen Verfahren wie etwa einer Dünnschichtverdampfung mit Spinnenkolonusverdampfer von Ethanol entbunden. Diesem dealkoholisierten Bier können die Aromastoffe, die durch die Pervaporation abgetrennt und anschließend regeneriert wurden wieder hinzugefügt werden. Es wird auch alkoholhaltiges Bier zum Endprodukt hinzugefügt, solange die angestrebten Volumsprozente nicht überschritten werden, um das Flavour des Bieres zusätzlich zu verbessern. Das Endprodukt unterscheidet sich nur gering von einem alkoholhaltigen Bier [CATARINO et al., 2009; CATARINO und MENDES, 2011].

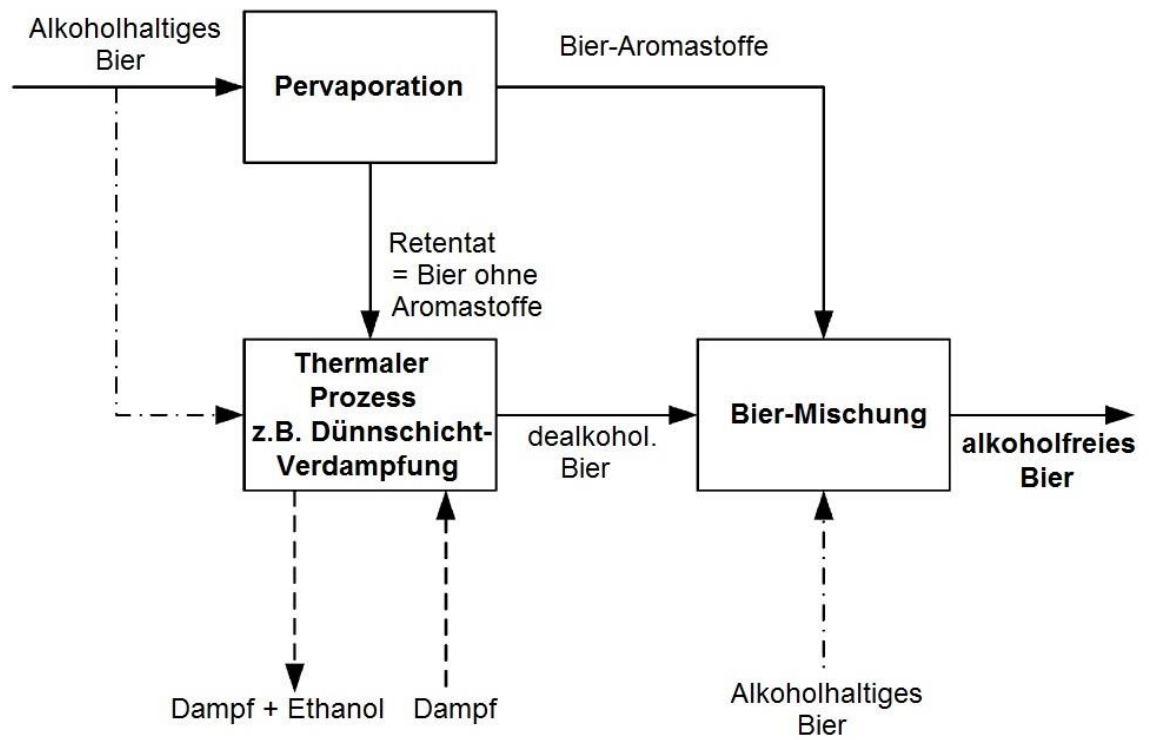


Abbildung 17: Prozess mit Pervaporation [mod. CATARINO und MENDES, 2011]

2.6 Sensorische Analysemethoden

Um ein Lebensmittel sensorisch zu untersuchen, stehen mehrere Analysemethoden zur Verfügung, welche dafür verwendet werden können. Grundsätzlich lassen sich die unterschiedlichen sensorischen Methoden in statische oder dynamische Verfahren unterteilen, wobei bei den statischen Verfahrensmethoden die sensorischen Eigenschaften eines Lebensmittels oder Produktes nur zu einem bestimmten Zeitpunkt bewertet werden, die dynamischen Verfahrensmethoden hingegen beurteilen die sensorischen Eigenschaften sowie deren zeitliche Veränderung über einen bestimmten Zeitverlauf. Bei einer statischen Methode sind die Panellisten auf Grund eines einzigen zu bewertenden Zeitpunktes oft gezwungen, Mittelwerte zu benutzen. Ein klassisches Beispiel für eine statische Verfahrensmethode ist die Quantitative Deskriptive Analyse (QDA) [LEE und PANGBORN, 1986].

Die einzelnen Attribute, deren Intensität und/oder Dominanz im Vergleich zu anderen Attributen im Lebensmittel ändern sich abhängig von der Zeit während des Kauens/Verteilens des Lebensmittels im Mund. Um diese Veränderungen festzustellen und zu untersuchen werden dynamische Methoden verwendet. Zu diesen zählen unter anderem die Time-Intensity Methode (TI) oder die Temporal Dominance of Sensations Methode (TDS) [PINEAU et al., 2009].

2.6.1 Time Intensity Methode (TI)

Die Time Intensity Methode zählt zu den dynamischen Methoden der sensorischen Analysen. Dabei wird die Intensität eines einzelnen Attributs kontinuierlich über einen bestimmten Zeitraum bewertet. Die Zeit wird von der Dauer der Wahrnehmung des Attributs bestimmt. Die wahrgenommene Intensität über den Zeitraum wird in der Zeit-Intensitätskurve, die als Ergebnis der Analyse vorliegt ersichtlich. Auf der X-Achse der Kurve ist die Zeit eingezeichnet, auf der Y-Achse die wahrgenommene Intensität des Attributs [LEE und PANGBORN, 1986]. Zur Bewertung der Intensität dient eine Intensitätsskala, wobei sowohl strukturierte als auch unstrukturierte Skalen verwendet werden können. Diese Skalen reichen von „nicht wahrnehmbar“ bis „stark wahrnehm-

bar“ oder können auch mit Zahlen von 0 (→ nicht wahrnehmbar) bis 10 (→ stark wahrnehmbar) gekennzeichnet sein [DLG, 2012].

Eine Zeit-Intensitätskurve kann sowohl händisch durch Eintragung der Intensität zu bestimmten Zeitpunkten, als auch kontinuierlich durch ein Sensorikprogramm am Computer erstellt werden [DLG, 2012].

Zu Beginn der Intensitätsbewertung wird die Probe in den Mund genommen, hier kann es zu einer Phase kommen, in der noch keine Wahrnehmung des Attributs erfolgt, dies wird auch als „lag-phase“ bezeichnet. Je nach Intensität der Wahrnehmung steigt die Kurve an, bis diese bei höchster Intensität ein Maximum erreicht, es kann auch ein Plateau auftreten. Bei sinkender Wahrnehmung fällt die Kurve wieder ab, bis diese schließlich wieder den Wert Null für die Intensität erreicht, was das Ende der Analyse bedeutet [LEE und PANGBORN, 1986].

Die Kurven können sowohl visuell miteinander verglichen werden, als auch statistisch auf signifikante Unterschiede untersucht werden. Aus den Daten lassen sich verschiedene Parameter der Zeit-Intensitätskurve bestimmen, die miteinander verglichen werden können:

- Intensitätsabhängige Parameter: maximale Intensität (VMAX), Intensitätsanstieg oder Intensitätsabfall
- Zeitabhängige Parameter: Zeitpunkt Beginn der Wahrnehmung, Zeitpunkt der max. Intensität (TMAX), Zeitpunkt Anfang/Ende der Plateauphase
- Parameter die Zeitdauer (Duration) erfassen: z.B. Dauer des Intensitätsanstiegs oder des Intensitätsabfalls (DMAX)
- Gesamtfläche unter der Kurve: Area under the curve (AUC) [DLG, 2012; CLIFF und HEYMANN, 1993].

Ein Problem der Time-Intensity Methode ist, dass sie sehr zeitaufwändig ist. Werden mehrere Attribute getestet, kann dies einen großen Zeitraum beanspruchen und schnell die Panellisten überfordern, da die Konzentrationsfähigkeit auf die Intensitäten der Attribute nach gewisser Dauer erschöpft ist. Hier sollte die Überlegung in Betracht gezogen werden, ob sich eine andere Methode nicht besser eignet, um eine große An-

zahl von Attributen zu untersuchen. Ebenso kann bei der Time-Intensity Prüfung ein „halo-dumping“ Effekt auftreten, das bedeutet, dass zwei unterschiedliche Attribute wie „bitter“ und „adstringierend“ fälschlicherweise nur als Attribut „bitter“ wahrgenommen werden, d.h. sich zwei Attribute überlagern und ineinander verschmelzen [PINEAU et al., 2009; DLG, 2012].

2.6.2 Temporal dominance of Sensations (TDS)

Die TDS-Methode ist eine relativ neu (im Jahr 1999) entwickelte dynamische Methode um die Veränderungen der einzelnen Attribute eines Lebensmittels zu dokumentieren. Bei diesem Verfahren können im Gegensatz zur TI-Methode mehrere Attribute gleichzeitig bewertet werden [DERNDORFER, 2012].

Die Temporal Dominance of Sensations wurde 1999 am “Centre Européen des Sciences du Goût” in Dijon, Frankreich entwickelt. Der Grund der Entwicklung dieser Methode war, dass nach einer Methode gestrebt wurde, die nicht eine derart lange Versuchsdauer wie die Time-Intensity beansprucht und gleichzeitig den „halo-dumping“ Effekt reduziert [PINEAU et al., 2009]. Vorgestellt wurde sie erstmals am Pangborn Symposium 2003 und von diesem Zeitpunkt sogleich von mehreren Unternehmen übernommen. Die Methode hat sich schnell gut etabliert und wird erfolgreich in mehreren Produktkategorien angewandt [PINEAU und SCHLICH, 2015].

Bei der TDS-Methode wird die Dominanz der einzelnen Attribute während der gesamten Dauer der Wahrnehmung im Mund beurteilt. Es geht nicht um die Beurteilung der Intensität sondern um die Dominanz der einzelnen Attribute, es wird das Attribut bewertet, dass von allen möglichen Attributen dominant in den Vordergrund tritt und somit die Aufmerksamkeit auf sich lenkt, dieses muss jedoch eben nicht jenes Attribut sein, das am intensivsten wahrgenommen wird. Eine TDS-Prüfung erfolgt computerunterstützt über einen bestimmten Zeitraum. Der Panellist wählt aus einer Auswahl an Buttons immer jenes Attribut, welches dieser als dominant empfindet, wechselt die Dominanz, wählt der Panellist das neue dominante Attribut aus. Während der gesamten Prüfungsdauer steht es dem Panellist frei, jedes Attribut mehrmals zu verwenden, da Dominanzen einzelner Attribute mehrmals auftreten können. Es muss nicht zwin-

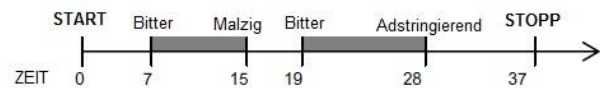
gend jedes Attribut als dominant wahrgenommen werden, das in der zur Verfügung stehenden Liste angeführt wird. Es kann immer nur ein Attribut zu einem Zeitpunkt dominant sein, mehrere können somit nicht gleichzeitig ausgewählt werden. Zusätzlich zu den Dominanzen besteht in manchen Sensorik-Software-Programmen die Möglichkeit, auch die Intensität der ausgewählten Attribute zu bestimmen. Dies wird allerdings nicht empfohlen, da zwei unterschiedliche kognitive Prozesse vermischt werden: die Auswahl eines dominanten Attributs, dies ist eine qualitative Aufgabe und die jeweilige Bestimmung der Intensität, dies ist eine quantitative Aufgabe. Es kann passieren, dass der Panellist sich zu sehr auf die Intensität konzentriert und somit die Auswahl der dominanten Attribute in den Hintergrund gerät und auf die rechtzeitige Auswahl der neuen Dominanz nicht mehr geachtet wird. Somit ist ein ausschließliches Arbeiten mit Dominanz-Buttons einfacher und für Panellisten durchzuführen. Vergleiche beider Durchführungsmöglichkeiten zeigten, dass die Durchführung allein mit Dominanzen ebenso effektive Ergebnisse liefert wie die aufwändige Methode mit den Intensitäten [PINEAU et al, 2009; PINEAU und SCHILCH, 2015].

Bei der Test-Durchführung sollten nicht mehr als zehn Attribute zur Auswahl stehen und die Reihenfolge dieser soll für jeden Panellisten unterschiedlich sein, da Attribute, die weiter oben in der Liste angeführt sind öfter ausgewählt werden. Während der gesamten Prüfung soll die Reihenfolge für jeden Panellist dann immer gleich bleiben [PINEAU et al., 2012].

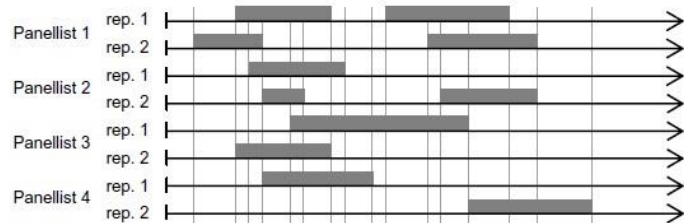
Das Ergebnis der Daten ist eine TDS-Kurve, sie wird aus der Häufigkeit der Dominanzen der einzelnen Attribute zu jedem Zeitpunkt der Prüfung erstellt. Die einzelnen Attribute können in einer Abbildung kombiniert werden. Die Erstellung einer TDS-Kurve aus den Einzelergebnissen der Panellisten ist in Abb. 18 dargestellt.

Daten für eine Evaluation von einem Panellisten

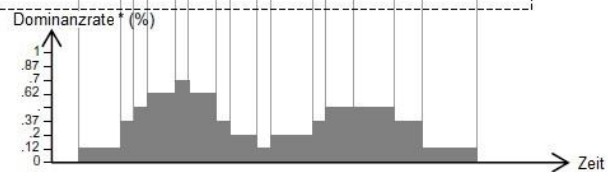
■ : Zeitabschnitte, in denen das Attribut Bitter dominant ist



Zeitabschnitte, in denen die Wahrnehmung von Bitterkeit dominant ist (4 Panellisten x 2 Wiederholungen)

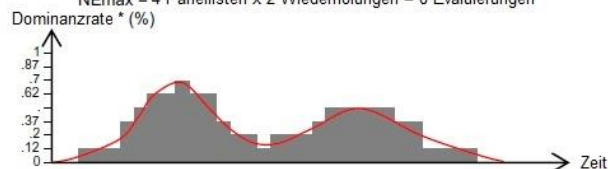


Anzahl der Evaluierungen (NE), in denen das Attribut Bitter im Verlauf der Evaluierung dominant ist



Berechnung der Dominanzraten für das Panel

* Dominanzrate = NE / NEmax
NEmax = 4 Panellisten x 2 Wiederholungen = 8 Evaluierungen



TDS-Kurve: Glättung der Dominanzraten für Bitterkeit (TRANSREG, SAS ®)

Überlagerung der verschiedenen Attribute

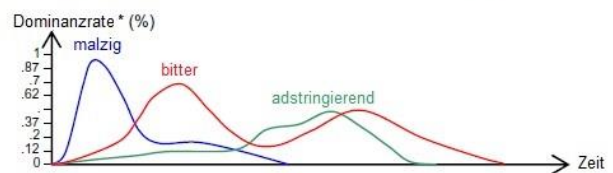


Abbildung 18: Methodik der Erstellung der TDS-Kurven [mod. nach PINEAU et al., 2009]

Die X-Achse der TDS-Kurve zeigt wieder die Zeit, auf der Y-Achse ist die Dominanzrate eingetragen, diese stellt die prozentuale Auswahl eines Attributs durch die Anzahl der Panellisten dar.

Aus den Daten der TDS-Kurven können, ähnlich wie bei der Zeit-Intensitäts-Methode diverse Parameter abgelesen und miteinander verglichen werden. Solche Parameter können sein:

- Intensitätsabhängige Parameter: maximale Dominanzrate (VMAX)
- Zeitabhängige Parameter: Zeitpunkt Beginn der Wahrnehmung, Zeitpunkt der max. Dominanzrate (TMAX), Zeitpunkt Anfang/Ende der Plateauphase

- Parameter die Zeitdauer (Duration) erfassen: z.B. Dauer des Dominanzratenanstiegs oder des Abfalls (DMAX), Dauer der Dominanz, Summe der einzelnen Dominanzen eines Attributs (Dominance Duration)
- Gesamtfläche unter der Kurve: Area under the curve (AUC) [PINEAU und SCHILCH, 2015].

Die Kurven der TDS-Methode sollten nicht als Ersatz der TI-Kurven gelten. Mit dem Zeit-Intensitätstest lassen sich einzelne Attribute genauer untersuchen, bei der Temporal Dominance of Sensations werden mehrere Attribute zugleich untersucht. Damit lassen sich auch Interaktionen zwischen Attributen indirekt berücksichtigen. In vergleichenden Studien sind Unterschiede in den Ergebnissen erdenklich, aufgrund des ungleichen Fokus der beiden dynamischen Methoden [DERNDORFER, 2012].

3 Material und Methoden

3.1 Materialien

3.1.1 Ausgewählte Biere mit unterschiedlichem Ethanolgehalt

Für die Datensammlung mittels TDS-Analyse wurden insgesamt neun verschiedene Biere, die auf dem Österreichischen Markt erhältlich sind verwendet. Es wurden allerdings nicht neun komplett voneinander unterschiedliche Produkte gewählt, sondern nur Biere von Brauereien, welche sowohl alkoholhaltige, als auch alkoholreduzierte und alkoholfreie Biere erzeugen. Auf diese Weise konnten die Biere nicht nur nach Ethanolgehalt, sondern auch nach Hersteller verglichen werden.

Ausgewählt wurden Biere der Marke *Egger*, *Zipfer* und *Stiegl*, alle drei sind Brauereien aus Österreich (Abb. 19, 20, 21). Die gewählten alkoholhaltigen Biere waren alles helle, klare Biere der Sorte Lager oder Märzen, welche in Österreich vorwiegend konsumiert werden. Biere der Brauereien *Stiegl* und *Zipfer* wurden von diesen gesponsert und Oktober 2015 geliefert. Biere der Marke *Egger* mussten im Oktober 2015 zugekauft werden. Die einzelnen Biere wurden alle mit einem zufälligen, dreistelligen Zahlencode versehen, um Verwechslungen zu vermeiden und ein neutrales Testergebnis zu garantieren. Details über die neun verwendeten Biere wie der Ethanolgehalt sind Tabelle 4 zu entnehmen.

Tabelle 4: Übersicht der analysierten Biere

Produkt	Hersteller	Kategorie	Vol% Ethanol	Zahlencode
Egger Märzen	Egger	Vollbier	5,0	761
Egger Sprizz	Egger	Alkoholreduziert	3,5	493
Egger Zisch	Egger	Alkoholfrei	<0,5	225
Zipfer Urtyp	Zipfer	Vollbier	5,4	042
Zipfer 3	Zipfer	Alkoholreduziert	3,0	127
Zipfer Hell	Zipfer	Alkoholfrei	<0,5	944
Stiegl Goldbräu	Stiegl	Vollbier	4,9	676
Stiegl Leicht	Stiegl	Alkoholreduziert	3,3	859
Stiegl Freibier	Stiegl	Alkoholfrei	<0,5	310



Abbildung 19: Verwendete Biere der Marke Egger



Abbildung 20: Verwendete Biere der Marke Zipfer



Abbildung 21: Verwendete Biere der Marke Stiegl

3.2 Methoden

3.2.1 Auswahl der TDS als Analyseverfahren

Das Ziel der Arbeit war es, mehrere Attribute und deren Veränderung über einen bestimmten Analysezeitraum festzustellen und miteinander zu vergleichen, deshalb musste eine dynamische Analysemethode gewählt werden. Da die Anzahl der Bierproben mit neun Stück doch relativ hoch war und mehrere Attribute pro Bier untersucht werden sollten, schied eine Anwendung der Time-Intensity-Methode aus, da diese, auf Grund der Tatsache, dass mit dieser Methode nur jeweils ein Attribut über die Zeit untersucht werden kann einen immensen Zeitraum in Anspruch nähme. Somit bestand auch die Gefahr, dass die Panellisten mit fortschreitender Zeit überfordert wären und deren Konzentration darunter leiden würde. Des Weiteren bestand bei der TI-Methode die Gefahr des „halo-dumping“ Effekts, d.h., dass sich zwei unterschiedliche Attribute überlagern und nur als eines wahrgenommen werden [PINEAU et al., 2009; DLG, 2012]. Daher wurde als Analysemethode die „Temporal Dominance of Sensations“ für besser geeignet empfunden, da mit dieser sowohl eine lange Versuchsdauer als auch ein „halo-dumping“ Effekt vermieden würde. Mit dieser Methode werden die Dominanzen der zu untersuchenden Attribute bewertet und nicht deren Intensität, daher entsteht ein qualitativer Eindruck der einzelnen Proben. Es wird ersichtlich, welches der Attribute bei den einzelnen Proben dominant in den Vordergrund tritt und die Aufmerksamkeit auf sich lenkt [PINEAU et al, 2009]. Gerade diese Dominanzen könnten auch in der Akzeptanz der Biere durch den Konsumenten entscheidend sein.

3.2.2 Auswahl der Attribute

Für die Bewertung der Biere mittels Temporal Dominance of Sensations wurden folgende fünf Attribute ausgewählt:

- *Würzeflavour (worty flavour)*
- *Fruchtige Flavour (fruity flavour)*
- *Malzige Flavour (malty flavour)*
- *Bitterkeit*
- *Adstringenz*

3.2.2.1 Würze flavour/ worty flavour

Beim Würze flavour handelt es sich um ein Off-Flavour, d.h. um eine Flavourkomponente, die unerwünscht ist und eigentlich im Bier nicht vorkommen soll, da sich diese negativ auf dessen Gesamtflavoureindruck auswirkt. In der Beer-Flavour-Terminology wird das Würze flavour eines Bieres als „worty“ bezeichnet. Es erinnert im Geschmack an frische, unvergorene Bierwürze oder auch an gekochte Kartoffeln, Kartoffelpüree, Kuchen oder auch Suppe [MEILGAARD et al., 1979; PERPÈTE et al., 2003]. Verantwortlich für das Worty-Off-Flavour sind Carbonylprodukte wie 3-Methylbutanal, 2-Methylbutanal und vor allem das 3-Methylthiopropionaldehyd, das auch als Methional bezeichnet wird. Diese Stoffe werden im normal verlaufenden Gärprozess durch die verwendeten Hefen abgebaut und sind in alkoholhaltigen Bieren nicht vorhanden. In alkoholfreien Bieren, die durch biologische Prozesse erzeugt wurden, wird die Fermentation modifiziert, damit kein oder nur geringfügig Ethanol produziert wird. Dadurch ist auch der Abbau der Carbonylprodukte vermindert [PERPÈTE und COLLIN, 1999]. Das Worty-Off-Flavour kann jedoch mit verschiedenen Methoden verringert werden (siehe 2.3.2.4) und sollte heutzutage in qualitativ hochwertigen, alkoholfreien Bieren nur noch vermindert wahrnehmbar sein [PERPÈTE und COLLIN, 1999].

3.2.2.2 Fruchtige Flavour/ fruity flavour

Hauptverantwortlich für die Fruchtigkeit im Bier sind verschiedene Ester, die während der Fermentation des Bieres entstehen. Die Entstehung dieser Ester hängt von vielen Faktoren ab wie dem verwendeten Hefestamm, dem Gesundheitszustand und der Aktivität der Hefen, der Maischetemperatur (bei höheren Temperaturen entstehen weniger Ester), dem Sauerstoffgehalt während der Fermentation (bei hohen Sauerstoffgehalten entstehen weniger Ester) oder der Sättigung der Würze (bei hoher Sättigung entstehen mehr Ester). Auch der Zeitpunkt der Hopfung spielt eine Rolle, wenn die Fermentation ohne Hopfensubstanzen stattfindet, entstehen mehr Ester. Das fruity Flavour, welches durch die Ester erzeugt wird, hängt stark von den im Bier vorhandenen Estern ab [TAYLOR und ORGAN, 2009]. Die Beer-Flavour-Terminology unterteilt das fruity Flavour in mehrere Untergruppen wie Zitrus, Apfel, Banane, Melone, Birne,

Erdbeere, Himbeere oder schwarze Johannisbeere [MEILGAARD et al., 1979]. Diese Fruchtaromen werden durch verschiedene Ester erzeugt, z.B.: entsteht das Aroma von Banane oder Birne durch Iso-Amylacetat oder Apfel durch Ethyl-n-Hexanoat [TAYLOR und ORGAN, 2009].

Die Ester im Bier sind aufgrund des fruchtigen Flavours durchaus erwünscht. Bei alkoholfreien Bieren wird bemängelt, dass die fruchtige Note fehlt, denn durch die Ethanolentfernung durch physikalische Prozesse geht ein Großteil der Ester verloren, da diese leicht flüchtig sind. Bei biologischen Herstellungsmethoden wie der gestoppten oder limitierten Fermentation wiederum ist das Problem, dass die Ester nur vermindert gebildet werden, da diese normalerweise während der Fermentation entstehen [PERPETE und COLLIN, 1999].

3.2.2.3 Malzige Flavour/ malty flavour

Die Malzigkeit, in der Beer-Flavour-Terminology auch als „malty“ bezeichnet, stellt jenes Flavourattribut dar, dass dem Bier durch das verwendete Malz verliehen wird, es gibt dem Bier seine getreideartige, cerealienartige Note. Die Ausprägung dieses Attributs im Bier hängt stark von der verwendeten Malzart, aber auch von der Menge ab [TAYLOR und ORGAN, 2009; MEILGAARD et al., 1979]. Die Malzigkeit zählt zu den positiven Geschmacksattributen eines Bieres und ist daher in der Biermatrix erwünscht [HUGHES, 2008].

Dieses Attribut kann durch eine Vielzahl von verschiedenen Malzarten erzeugt werden, die sowohl in den verwendeten Getreidearten als auch in den Herstellungsprozessen unterschieden werden. Grundsätzlich wird Malz aus Gerste hergestellt, aber auch Weizen und Roggen können verwendet werden. Je nach Intensivität der Darre entstehen unterschiedliche Malzarten, die sich in Farbe und Flavourintensität unterscheiden. Auch Spezialmalzarten wie Röstmalz oder Karamellmalz werden verwendet. Diese verleihen dem Bier zusätzliche Flavourattribute [HANGHOFER, 1999].

3.2.2.4 Bitterkeit

Die Inhaltsstoffe, welche für die Bitterkeit eines Bieres ausschlaggebend sind, sind die Hopfenbittersäuren [TAYLOR und ORGAN, 2009]. Es gibt zwei Arten von Hopfenbittersäuren, die α -Säuren (Abb. 22), welche auch Humulone genannt werden und die β -Säuren, welche auch als Lupulone bekannt sind. Da die β -Säuren (Abb. 23) eine zusätzliche, dritte Isoprenyl-Seitenkette besitzen, sind sie sehr hydrophob und spielen als Bierinhaltsstoffe nur eine untergeordnete Rolle, weil sich diese kaum in der Biermatrix lösen [Briggs et al., 2000].

Die α -Säuren werden während des Brauprozesses in Iso- α -Säuren (IAA) umgewandelt, wobei sich diese in cis- und trans-IAA unterscheiden (Abb. 24). Diese IAAs stellen den Hauptanteil der Hopfenbittersäuren im Bier dar. Der Gehalt an IAAs kann je nach Biersorte stark schwanken und liegt in Konzentrationen von 0,7-27,1 mg/l [Vanhoenacker et al., 2004] erreicht jedoch auch bis zu 100 mg/l in sehr bitteren englischen Ales [De Keukeleire., 2000].

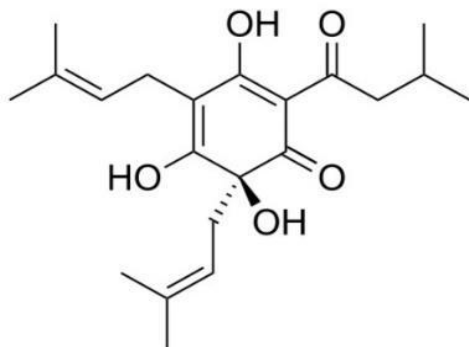


Abbildung 22: Alpha-Säure [WIKIPEDIA, 2015]

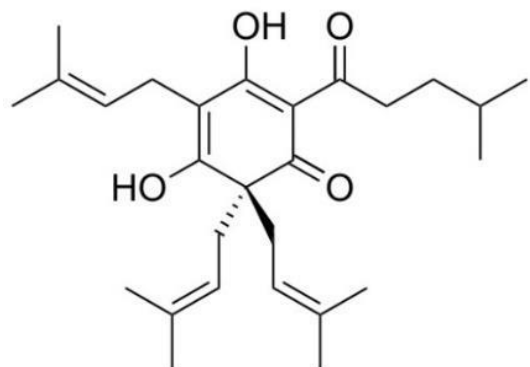


Abbildung 23: Beta-Säure [WIKIPEDIA, 2015]

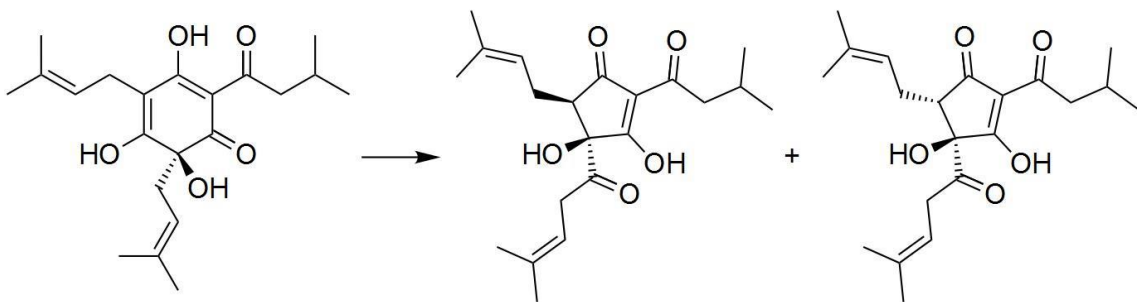


Abbildung 24: Umwandlung von alpha-Säure in cis- und trans-Iso-alpha-Säuren [WIKIPEDIA, 2015]

α -Säuren, Iso- α -Säuren und β -Säuren sind in herkömmlichen Lösungsmitteln wie Ethanol oder Methanol besser löslich als in Wasser. Mit solchen Lösungsmitteln werden auch Hopfenextrakte hergestellt, die dem Bier hinzugefügt werden können. Generell sind dafür polare Lösungsmittel besser geeignet als apolare [VERZELE und DE KEUKELEIRE, 1991]. Ein Zusammenhang zwischen der Bitterkeit eines Bieres und dem Ethanolgehalt kann daher vermutet werden. Mittels einer sensorischen Untersuchung mithilfe einer electronic tongue konnte tatsächlich eine Korrelation zwischen Iso- α -Säuren und Ethanolgehalt festgestellt werden [ARRIETA et al., 2010].

3.2.2.5 Adstringenz

Bei dem Attribut Adstringenz handelt es sich eigentlich um kein Flavourattribut, sondern um ein Mundgefühl, ein somatosensorischer Eindruck welcher als rau und zusammenziehend empfunden wird. Gute Beispiele für die Wahrnehmung von Adstringenz sind z.B.: starker schwarzer Tee oder Rotwein. Adstringenz kann leicht von Süße maskiert werden [TAYLOR und ORGAN, 2009; FRICKER, 1984].

Die Ausprägung der Adstringenz in Bieren ist in erster Linie vom pH-Wert des Bieres abhängig, d.h. wie viele Säuren im Bier vorkommen. Je höher der pH-Wert eines Bieres ist, je weniger H^+ Ionen vorkommen, umso weniger wird ein adstringierendes Mundgefühl wahrgenommen. Umkehrt tritt eine deutliche Adstringenz in sauren Bieren auf [FRANCOIS et al., 2006].

3.2.3 Zusammenstellung und Schulung des deskriptiven Panels

Für die Zusammenstellung des deskriptiven Panels zur Durchführung der TDS-Analyse wurden gezielt Personen gesucht, welche regelmäßig Bier konsumieren und über sensorische Kenntnisse verfügen. Die Auswahl erfolgte aus Studenten der Ernährungswissenschaften an der Universität Wien. Es wurde darauf geachtet, dass nur Personen ausgewählt wurden, welche im Laufe ihres Studiums bereits sensorische Übungen absolviert hatten und mit den Grundkenntnissen von praktischen sensorischen Analysen vertraut waren. Für die TDS-Analyse fanden sich insgesamt zehn Panellisten.

Die Panellisten hatten allerdings keine Erfahrung mit der „Temporal Dominance of Sensations“ Analyse, daher mussten sie vor der eigentlichen Analyse noch speziell auf diese Analysemethode eingeschult werden. Es fanden insgesamt drei Schulungstermine zu je ca. 60 min statt. Am ersten Schulungstermin wurde den Panellisten in der Theorie das Analyseprinzip und die Funktionsweise von TDS und die Unterschiede zu anderen dynamischen Methoden wie etwa Time-Intensity erläutert. Ebenso bekamen die Teilnehmer erklärt, wie aus den einzelnen Dominanzbewertungen eine TDS-Kurve gebildet wird und welche Parameter anhand dieser statistisch verglichen werden können.

Außerdem erhielten die Probanden einen Überblick über die Attribute, welche sie während der Analyse zu bewerten hatten.

Zudem wurden Referenzprodukte für die Attribute präsentiert, an denen sich die Panellisten orientieren konnten. Die Übersicht über diese Referenzprodukte ist Tabelle 5 zu entnehmen.

Tabelle 5: Übersicht Referenzprodukte

Attribut	Referenzprodukt
Würze flavour	Kartoffelpüree
Fruchtige Flavour	Fruchtsaft (Rote Früchte)
Malzige Flavour	Malzextrakt, Malzbonbons
Bitterkeit	Koffein, Hopfen
Adstringenz	Schwarztee

Die weiteren beiden Schulungstermine dienten der Durchführung von Testdurchläufen der TDS anhand jener Bierproben, die auch für die eigentliche Analyse verwendet wurden. Die Durchführung der TDS-Analyse wurde mit der FIZZ Sensoriksoftware (Version 2.50 b 37) vollzogen. Mit der Unterstützung dieses Computerprogramms konnten die Panellisten die TDS-Analyse an den Computern des Sensoriklabors der Universität Wien absolvieren. Am ersten Tag der zwei praktischen Schulungstage bekamen die Panellisten einen Überblick über die Handhabung und Funktion der TDS-Oberfläche der Software und lernten damit umzugehen. Der zweite Tag diente schon dazu, dass

sich die Teilnehmer auf die eigentliche Aufgabe, nämlich der Bewertung der Dominanzen der Attribute in den einzelnen Bierproben fokussierten.

Außerdem dienten die zwei praktischen Schulungstermine dazu, um Abläufe und Pausen während der TDS-Analyse zu optimieren.

3.2.4 Vorbereitungen zur Durchführung der TDS

Die Programmierung der TDS-Analyse erfolgte in den Wochen vor der Analyse-Durchführung mittels der FIZZ-Sensoriksoftware (Version 2.50 b 37) am Computer im Sensoriklabor der Universität Wien.

Die Reihenfolge der zu untersuchenden Proben, wie diese den Panellisten während der Analyse ausgeteilt wurden, wurde vereinheitlicht, und wie schon oben erklärt, mit einem dreistelligen Zahlencode versehen.

Die Reihenfolge der Attribut-Buttons, wie diese am Bildschirm der FIZZ-Analyse aufschienen, war für jeden Panellisten unterschiedlich angeordnet, da Panellisten bei TDS dazu neigen, die Attribut-Buttons, welche weiter oben in der Liste angeführt sind, als erste zu benutzen.

Die TDS-Analyse fand im Sensoriklabor des Instituts für Ernährungswissenschaften der Universität Wien (Althanstraße 14, 1090 Wien) statt. Das Sensoriklabor besitzt zehn nummerierte Prüfkabinen, welche den Normen für sensorische Prüfungen entsprechen. Die einzelnen Prüfkabinen sind durch neutrale weißgraue Trennwände voneinander isoliert damit die Panellisten bei ihrer Bewertung nicht abgelenkt werden. Jede Kabine ist mit einem Waschbecken ausgestattet und besitzt einen Computer zur Durchführung der Analysen. Außerdem ist jede Kabine mit einer Tageslichtleuchte sowie falls nötig Rotlicht zur Probenmaskierung versehen, dieses war für die TDS-Analyse jedoch nicht notwendig.

Die Biere für die Analyse wurden in einem Kühlschrank des Sensoriklabors bei 5-7°C bis zur Analyse gelagert.

Die einzelnen Bierproben wurden den Panellisten jeweils in Dreierkombination zur Analyse gereicht, danach erfolgte jeweils eine Pause von 15 Minuten, damit sich die Teilnehmer kurz erholen konnten und deren Konzentrationsfähigkeit wieder anstieg.

Es wurden jeweils ca. 10 ml der einzelnen Biere in kleinen Plastikgefäßen (Stamperl) verwendet, welche immer erst kurz vor der Analyse eingeschenkt wurden, um zu garantieren, dass das Bier nicht an Kohlensäure verliert und die empfohlene Trinktemperatur von 7-11°C gewährleistet war.

Die Bewertung durch die Panellisten erfolgte ebenso mit der FIZZ-Sensoriksoftware an den Rechnern in den Prüfkabinen. Die gewonnen Daten wurden ebenfalls mit den FIZZ-Programm ausgewertet.

3.2.5 Durchführung der TDS-Analyse

Die eigentliche TDS-Analyse wurde von den 10 eingeschulten Panellisten an einem Tag in zwei Sessions ausgeführt, so dass insgesamt 20 einzelne Durchlauf-Ergebnisse gewonnen werden konnten.

Einen Überblick über die EDV-Benutzeroberfläche, welche den Panellisten für die TDS-Analyse zur Verfügung stand ist Abbildung 25 zu entnehmen.

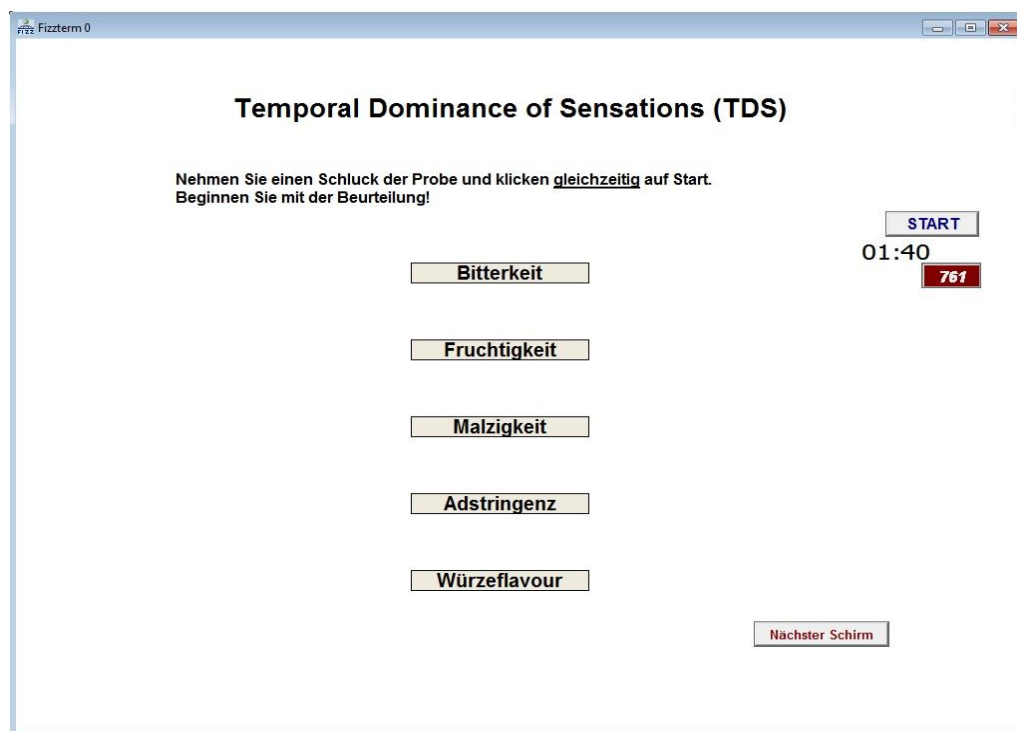


Abbildung 25: Benutzeroberfläche für die TDS-Analyse

Zum Zeitpunkt, zu dem die Probe in den Mund genommen wurde, klickten die Panellisten den START-Button und begannen somit die Bewertung der Probe. Ab diesem Zeitpunkt wurden die einzelnen Attribut-Buttons zur Dokumentation der wahrgenommenen Dominanzen verwendet. Die Buttons konnten beliebig oft verwendet werden, falls Attribute mehrmals als dominant wahrgenommen wurden, allerdings mussten nicht zwingend alle benutzt werden, denn nicht alle Attribute mussten zwingend in allen neun Proben vorhanden sein. Die jeweilige Probenanalyse war beendet, wenn entweder die Bewertungszeit abgelaufen war oder die Panellisten vorzeitig den STOP-Button betätigten, falls vor Ablauf der Zeit kein Attribut mehr als dominant empfunden wurde (Der START-Button wandelte sich nach dessen Betätigung in den STOP-Button um).

Die gesamte Bewertungszeit je Probe betrug 100 Sekunden, wobei in den ersten 40 Sekunden die Probe im Mund behalten und mit der Zunge vorsichtig gewälzt und gleichmäßig verteilt wurde, um die Dominanzen wahrzunehmen und zu bewerten. Nach 40 Sekunden wurde die Probe geschluckt und bis zum Ende der jeweiligen Probenanalyse auf gleiche Weise die Dominanzen des Nachgeschmacks beurteilt.

Nach jeder Probenanalyse war eine Pause von zwei Minuten eingeschoben, in dem die Panellisten ihren Mund mit Wasser spülten bzw. diesen mit Matzenbrot neutralisierten. Nach der dritten und der sechsten Analyse war die Pausenzeit auf 15 Minuten expandiert, um den Panellisten eine Regenerationszeit für ihre Konzentration zu geben.

3.2.6 Auswertung

Die Auswertung der gewonnenen Daten aus der Analyse erfolgte mit der FIZZ Sensoriksoftware und dessen Auswertungsprogramm. Die Daten der einzelnen Analysen wurden zusammengefügt. Es stellte sich heraus, dass die Ergebnisse des zweiten Schultages in Qualität den Ergebnissen der zwei eigentlichen Analysen glichen und somit ebenso für die Gesamtauswertung verwendet werden konnten. Das Testergebnis setzt sich somit aus 30 kompletten Bewertungen zusammen, was sich auch gut mit den Empfehlungen in der Literatur deckt. Für eine verwendete Attributenzahl von fünf wird eine Analysenanzahl von 31 empfohlen [PINEAU und SCHLICH, 2015].

Aus den zusammengeführten Daten wurden unterschiedliche TDS-Kurven und Vergleiche erstellt. Als Erklärungsbeispiel dient die Abbildung 27.

Die X-Achse repräsentiert immer den Test-Zeitverlauf in Sekunden und die Y-Achse zeigt die Dominanzrate (DR). Diese Dominanzrate beschreibt die prozentuelle Auswahl eines Attributs zu jedem Zeitpunkt. Sie berechnet sich aus den Häufigkeiten des ausgewählten Attributs zum Zeitpunkt X dividiert durch die Panellistenanzahl (größtmögliche Häufigkeit). Je höher die Dominanzrate ist, umso einstimmiger ist die Bewertung durch die Panellisten [PINEAU et al., 2009].

Beispiel für die Berechnung der Dominanzrate zum Zeitpunkt X:

Annahme: Acht von Zehn möglichen Panellisten wählen das gleiche Attribut zum Zeitpunkt X:

a_x =Auswahl des Attributs durch a Panellisten zum Zeitpunkt x

n= Gesamtanzahl der Panellisten

$$DR = \frac{a_x}{n} = \frac{8}{10} = 0,8 = 80\%$$

Damit ergibt sich für den Zeitpunkt x eine Dominanzrate von 80% für das bestimmte Attribut d.h. eine Übereinstimmung von 80% zu diesem Zeitpunkt der Analyse.

Aus den einzelnen Dominanzraten zu jedem Zeitpunkt lässt sich die TDS-Kurve konstruieren.

Um die TDS-Kurven auch statistisch bewerten zu können, wurden zusätzlich zwei Levels eingefügt, der „Chance Level“ und der „Level of Significance“.

Der Chance Level steht für die Zufallswahrscheinlichkeit und gibt den Erwartungswert P_0 für die Dominanzrate eines Attributs in Abhängigkeit von der Anzahl der verwendeten Attribute wieder. Er berechnet sich wie folgt:

$$P_0 = \frac{1}{n}$$

n: Anzahl der verwendeten Attribute in der Analyse

Für die Analyse der Biere ergab dies bei fünf verwendeten Attributen einen Chance Level von:

$$P_0 = \frac{1}{n} = \frac{1}{5} = 0,2$$

Der Level of Significance stellt das Signifikanzlevel (5%) dar und ist die obere Grenze des 5% Konfidenzintervalls. Er sagt aus, ab welcher Dominanzrate ein Wert signifikant höher ist als P_0 . Er berechnet sich folgendermaßen:

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

P_0 : Zufallswahrscheinlichkeit

n : Gesamtanzahl an durchgeführten Analysen

Für die Analyse der Biere ergab dies bei fünf verwendeten Attributen und 30 Einzelanalysen einen Level of Singnificance von:

$$P = 0,2 + 1,645 \sqrt{\frac{0,2(1 - 0,2)}{30}} = 0,3201$$

Dieser Wert 0,3201 war der „Level of Significance“ in den konstruierten TDS-Kurven.

Praktisch gesehen bedeutet das Signifikanzlevel, dass ein Attribut, dessen TDS-Kurve zu einem Zeitpunkt oder Zeitraum über dem Signifikanzlevel liegt, in diesem Zeitraum als signifikant dominant wahrgenommen wird [PINEAU et al., 2009], [PINEAU und SCHLICH, 2015].

Aus den einzelnen errechneten Dominanzraten wird von der FIZZ-Sensoriksoftware zuerst ein Rohdatendiagramm erstellt, welches den Vorteil hat, dass aus diesem zwar die eigentlich richtig errechneten Dominanzraten herauslesbar sind, der Nachteil davon ist allerdings, dass dieses Rohdatendiagramm ziemlich unübersichtlich und schwer zu lesen ist (Abb. 26).

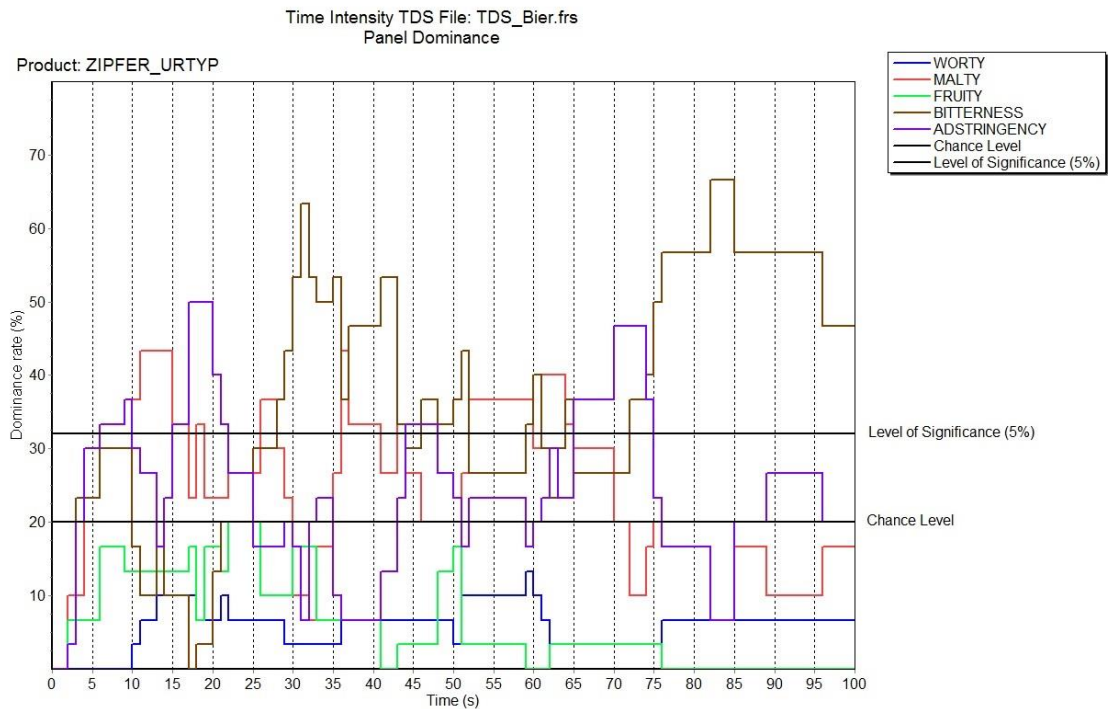


Abbildung 26: Beispieldiagramm mit Dominanzraten-Rohdaten

Daher wurden die Daten in den Diagrammen mit Hilfe des Smoothing-Algorithmus nach Bezier im FIZZ-Programm geglättet (Abb. 27).

Es geht dadurch zwar etwas an Information in den Diagrammen verloren, so sind etwa nicht mehr alle Peaks der Attribute zu erkennen, sondern nur noch die wesentlichen Kurvenverläufe mit den primären Peaks und die Peakspitzen stimmen nicht mehr mit den errechneten Dominanzraten überein, allerdings wird der Verlauf der Dominanzraten der Attribute dadurch viel besser sichtbar und der Großteil der Signifikanzen ist dennoch ersichtlich. Außerdem können die errechneten Dominanzraten/Attribut/Zeit aus den Rohdatentabellen im Anhang (10.0) entnommen werden.

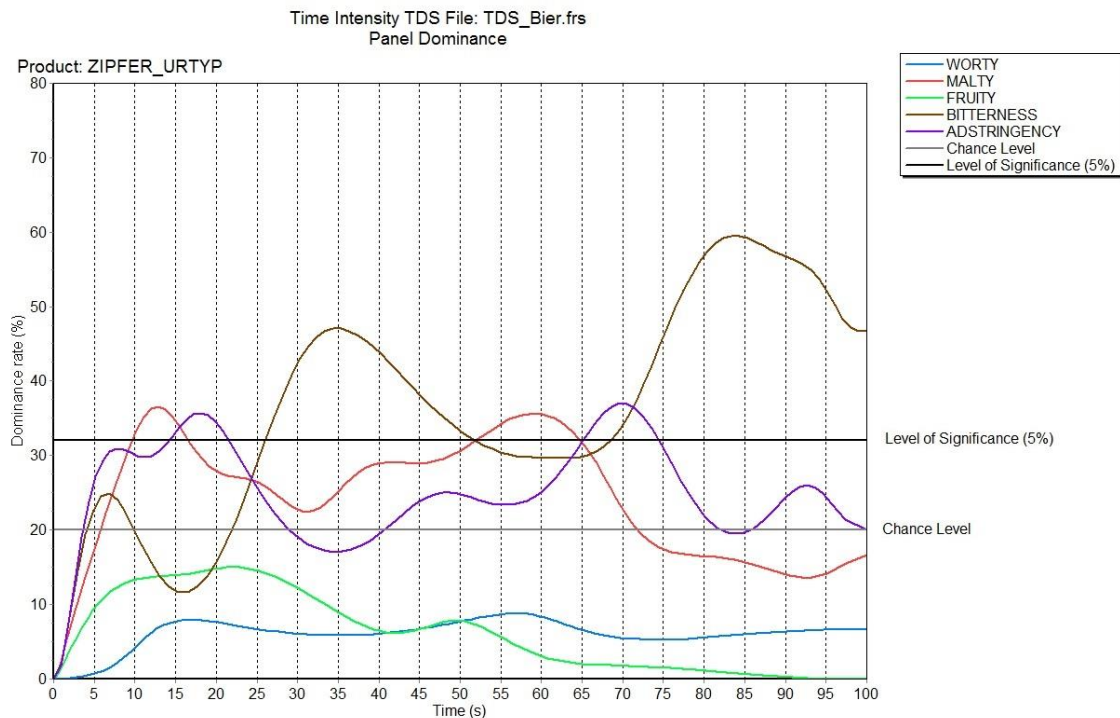


Abbildung 27: Beispiel für eine geglättete TDS-Kurve

Neben den Diagrammen, welche mehrere TDS-Kurven für Attribute oder Produkte enthalten, wurden auch TDS-Vergleichsdiagramme (Abb. 28) erstellt, in denen der Unterschied der Attribut-Dominanzen über die Zeit von zwei Produkten ersichtlich ist. In diesen Vergleichsdiagrammen ist kein Chance Level und Level of Significance gekennzeichnet, weil diese Vergleiche laut Literatur eher als graphische Übersicht bzw. Orientierungshilfe der Unterschiede gesehen werden sollen und weniger als valider Test um Signifikanzen zu beweisen [PINEAU und SCHLICH, 2015].

Auf der X-Achse ist wieder der Zeitverlauf in Sekunden eingetragen, auf der Y-Achse wieder die Dominanzrate, jedoch ist der Wert für 0% DR in der Mitte der Diagrammachse, von diesem Punkt ist nach oben die zunehmende DR für das erste Produkt (in Beispiel Abbildung 28: *Stiegl Goldbräu*) und nach unten die zunehmende Dominanzrate für das zweite Produkt (in Beispiel Abbildung 28: *Zipfer Urtyp*) eingetragen. Der Vergleich der beiden Produkte wird nun laut Diagramm folgendermaßen gelesen: Sekunde 2-12 ist *Stiegl Goldbräu* dominant malziger (als *Zipfer Urtyp*), danach kurz dominant fruchtiger, Sekunde 14-29 dominant bitterer, Sekunde 29-46 wieder domi-

nant malziger usw. während *Zipfer Urtyp* zu Beginn kurz dominant fruchtiger wahrgenommen wird (als *Stiegl Goldbräu*), danach im Zeitraum Sekunde 3-27 dominant adstringierender, Sekunde 37-52 dominant bitterer usw. Wie oben schon angesprochen sind dies nur graphische Übersichten und können nicht als valide, statistische Vergleichstests mit Prüfungen von signifikanten Unterschieden gleichgesetzt werden.

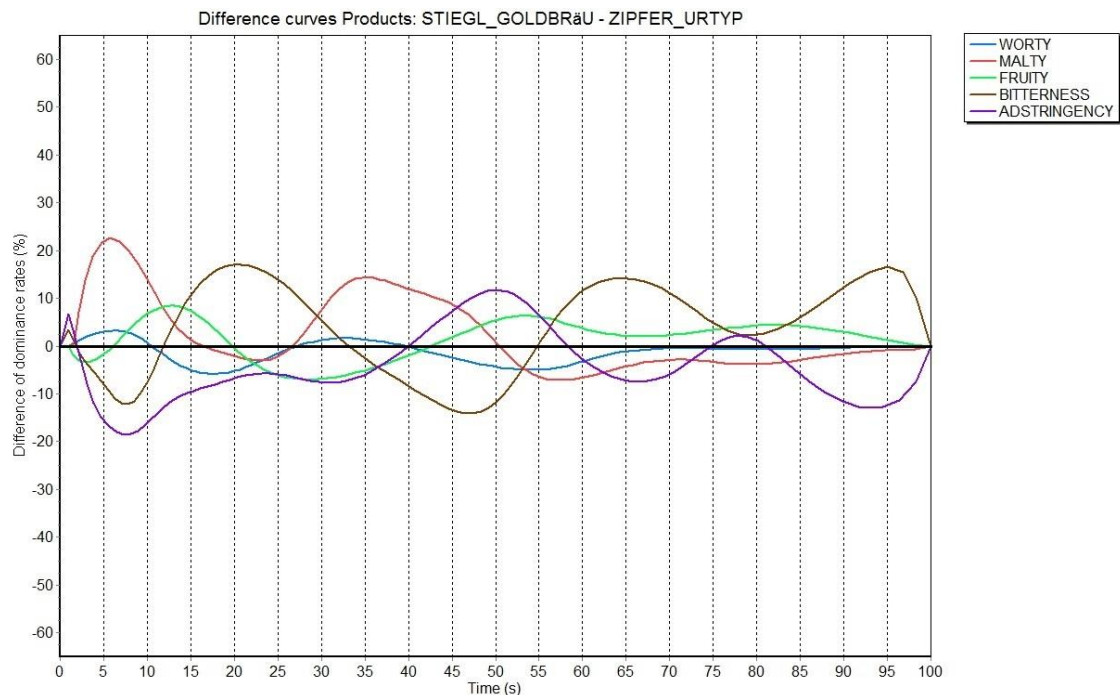


Abbildung 28: Beispiel für eine TDS-Vergleichskurve

Neben der Auswertung von TDS-Kurven wurde auch die Auswahldauer der Attribute (Duration) während den einzelnen Analysen statistisch miteinander verglichen. Während einer einzelnen Analyse standen 100 Sekunden zur Verfügung, in der jeweils die fünf Attribute als dominant empfunden werden konnten. Werden die gesamten Einzelzeiten für ein Attribut zusammengezählt (z.B. für das Würzeffavour) ergibt sich die Gesamtdauer (Dominance Duration), die dieses Attribut während der 100 Sekunden Analyse als dominant wahrgenommen wurde. Diese „Dominance Duration“ wurde für das Attribut „Würzeffavour“ auf statistisch signifikante Unterschiede zwischen den Produkten mit unterschiedlichem Alkoholgehalt überprüft, da lt. Literatur (siehe 2.3.2) die Ausprägung dieses Attributs stark vom Ethanolgehalt abhängig ist und als Fehl aroma gilt, daher im Bier nicht erwünscht ist.

4 Ergebnisse

4.1 Dominanzraten aus den Rohdaten

In den Tabellen der Dominanzraten (DR) der Rohdaten sind diese für alle getesteten Attribute/Produkt für jede Sekunde der durchgeführten Analyse zu entnehmen. In den TDS-Kurven sind diese Daten auf Grund des Glättungsalgorithmus nicht mehr direkt abzulesen. Die Dominanzraten für jedes Attribut je Produkt je Zeit sind den Tabellen im Anhang (10.0) zu entnehmen. In den Erörterungen der Ergebnisse werden für Maximalwerte der Kurven-Peaks stets die Rohdaten-DR aus den Anhang-Tabellen genannt, daher stimmen die Werte nicht mit den geglätteten Kurven überein.

4.2 TDS-Kurven der einzelnen Bierproben und TDS-Kurven einzelner Attribute verglichen nach Biermarke

Abbildung 29 zeigt die TDS-Kurven der Attribute der Probe *Egger Märzen*. Dabei handelt es sich um die alkoholhaltige Probe der Marke *Egger*. Im Folgenden wird *grundsätzlich* Abbildung 29 besprochen mit Verweisen auf die Vergleichs-TDS-Diagramme der einzelnen Attribute der drei analysierten *Egger* Biere (Abb. 32-36).

Zu Beginn der Messung wurde Malzigkeit (MALTY) als signifikant dominant empfunden (signifikante Bewertung ab Sekunde 4; $p < 0,05$) und erreichte bei Sekunde 11 eine DR von 57% (Werte immer lt. DR-Rohdaten im Anhang). Abbildung 35 zeigt den Vergleich der TDS-Kurven für Malzigkeit der drei analysierten *Egger* Biere. Daraus ist ersichtlich, dass im Produkt *Egger Märzen* die Malzigkeit in den ersten Sekunden der Analyse dominanter war als in der alkoholreduzierten (AR) oder alkoholfreien (AF) Probe.

Im Zeitraum von Sek. 15 bis Sek. 45 wurde Bitterkeit (BITTERNESS) als signifikant ($p < 0,05$) dominant empfunden und hatte bei Sek. 36 seine höchste DR mit 60% (lt. Rohdaten). Bei Sekunde 40 wurde die Probe geschluckt, es zeigt sich, dass von Sek. 46 bis Sek. 55 die Adstringenz als signifikant ($p < 0,05$) dominant wahrgenommen wurde mit 46,7% DR bei Sek. 47. Den Vergleich der Adstringenz (ADSTRINGENCY) unter den *Egger* Bieren zeigt Abbildung 33, daraus ist ersichtlich, dass diese in allen drei Bieren in den ersten 20 Sekunden nach dem Schlucken der Probe (bei Sek. 40) anstieg. Die Adstringenz

genz der Probe *Egger Märzen* war jedoch weniger stark ausgeprägt, als jene der Probe *Egger Sprizz* (AR).

Ab Sekunden 55 stieg die DR der Bitterkeit im *Egger Märzen* (AH) wieder stark an und verblieb die restliche Analysedauer signifikant ($p < 0,05$) dominant mit der stärksten Ausprägung bei Sek. 68 bis 77 mit einer DR von 66,7%. In Abbildung 32 ist zu erkennen, dass die TDS-Kurven der Bitterkeit sehr ähneln, die Bitterkeit in den ersten 40 Sekunden wurde allerdings im alkoholhaltigen *Egger Märzen* am dominantesten beurteilt. Die Bitterkeitsempfindungen im Nachgeschmack waren zeitlich leicht verschoben, hatten allerdings beinahe die gleiche DR.

Die Attribute Fruchtige Flavour (FRUITY) und Würze flavour (WORTY) blieben während der gesamten Messung unterhalb der Zufallswahrscheinlichkeit.

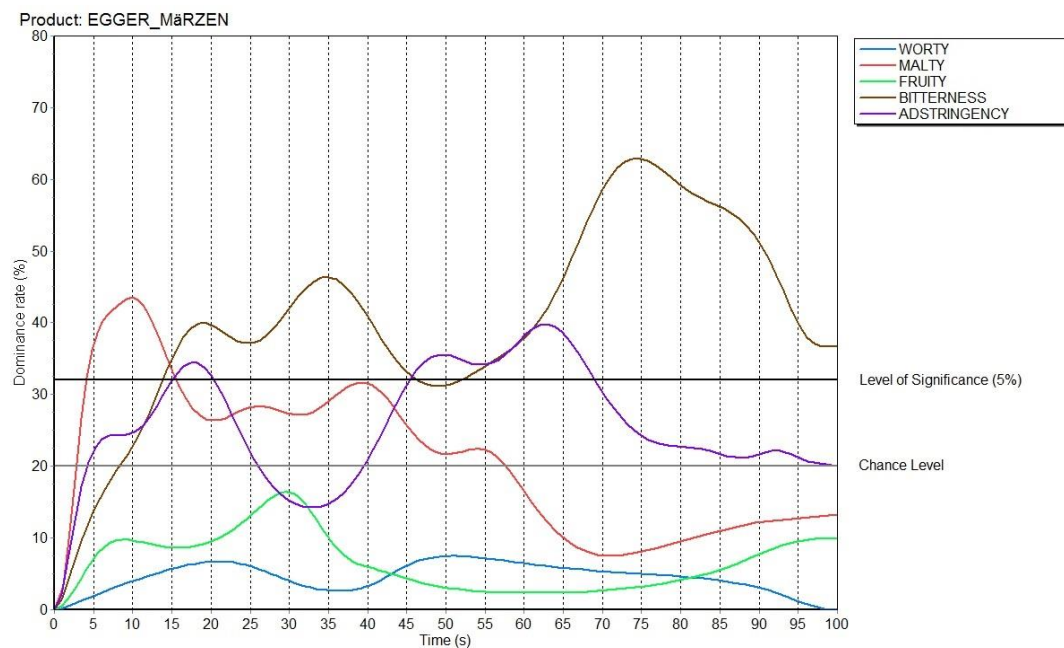


Abbildung 29: TDS-Kurven für die Attribute der Probe Egger Märzen (AH)

Abbildung 30 zeigt die TDS-Kurven der Attribute der Probe *Egger Sprizz*. Dabei handelt es sich um die alkoholreduzierte Probe der Marke *Egger*. Im Folgenden wird *grundsätzlich* Abbildung 30 besprochen mit Verweisen auf die Vergleichs-TDS-Diagramme der einzelnen Attribute der drei analysierten *Egger* Biere (Abb. 32-36).

Von Sek. 6 bis 17 wurde das Würze flavour (WORTY) als signifikant ($p < 0,05$) dominant empfunden mit der Peakspitze von DR 43,3% bei Sekunde 11. Die TDS-Kurven für das

Würze flavour der drei *Egger* Biere sind Abb. 36 zu entnehmen. *Egger Sprizz* (AR) empfanden die Panellisten im selben Zeitraum (Sek. 5 bis 20) als signifikant ($p < 0,05$) dominant wie *Egger Zisch* (AF), dieses war allerdings dominanter ausgeprägt.

Von Sek. 26 bis 47 ist ein signifikant ($p < 0,05$) dominanter Bitterkeitspeak (BITTERNESS) ersichtlich, dieser wurde zu den Sek. 37 bis 40 mit der DR von 50% am höchsten bewertet. Das erste Attribut, welches nach dem Schlucken (Sekunde 40) oberhalb der signifikanten ($p < 0,05$) Dominanz bewertet wurde ist die Adstringenz (ADSTRINGENCY) im Zeitraum von Sek. 51 bis 69, max. DR bei Sek. 55 bis 56 mit 53,3%. Dieser Adstringenzpeak war der am höchsten dominante Peak unter allen drei analysierten *Egger* Bieren (Abb. 33).

Nach der Adstringenz stieg im Nachgeschmack wieder die Bitterkeit (Sek. 69) signifikant ($p < 0,05$) dominant an mit der Peakspitze bei Sek. 83 mit einer DR von 66,7%. Danach fällt die DR zwar wieder ab, verbleibt aber bis zum Analyseende im signifikanten Bereich. Die Bitterkeit im *Egger Sprizz* (AR) war im Nachgeschmack gleich dominant ausgeprägt wie im *Egger Märzen* (AH) aber in der Zeit um ca. 10 Sek. versetzt (Abb. 32).

Das Attribut Fruchtige Flavour wurde im *Egger Sprizz* (AR) zu Sek. 12 bis 14 mit einer DR von 36,7 bewertet, und lag somit einen kurzen Zeitraum über dem Signifikanzlevel ($p < 0,05$). Diese Signifikanz ist in der TDS-Kurve durch den Glättungsalgorithmus leider nicht ersichtlich, allerdings den Dominanzraten im Anhang zu entnehmen. Die DR der Fruchtigkeit im Produkt *Egger Sprizz* (AR) war von allen drei analysierten *Egger* Bieren am höchsten dominant (Abb. 34).

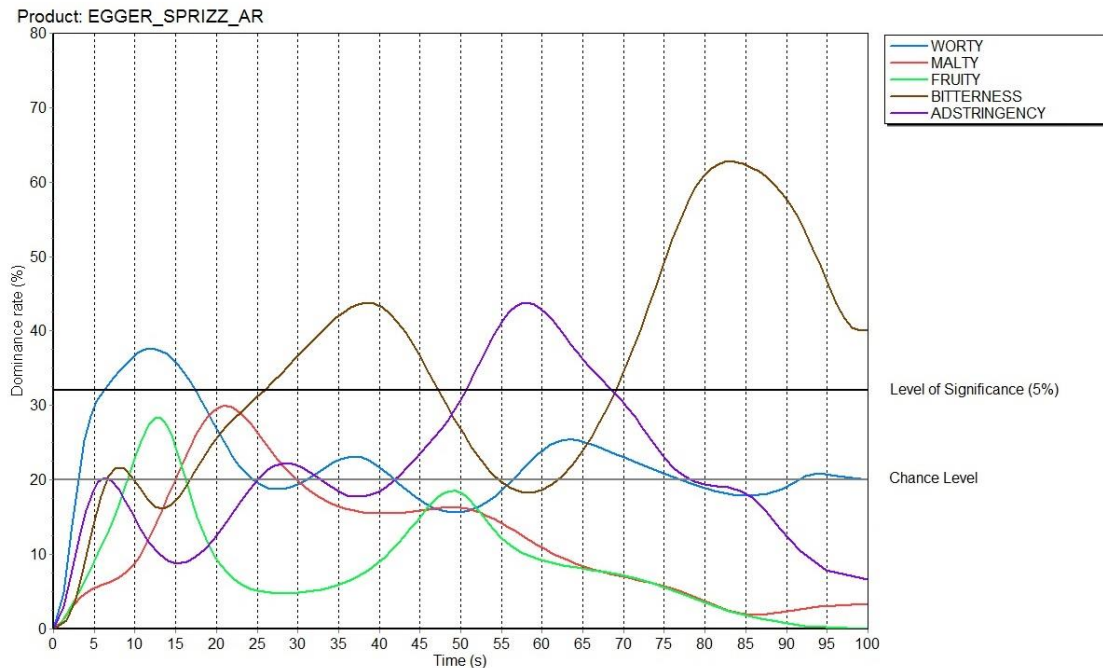


Abbildung 30: TDS-Kurven für die Attribute der Probe Egger Sprizz (AR)

Abbildung 31 zeigt die TDS-Kurven der Attribute der Probe *Egger Zisch*. Dabei handelt es sich um die alkoholfreie Probe der Marke *Egger*. Im Folgenden wird *grundsätzlich* Abbildung 31 besprochen mit Verweisen auf die Vergleichs-TDS-Diagramme der einzelnen Attribute der drei analysierten *Egger* Biere (Abb. 32-36).

Bei der Beurteilung des *Egger Zisch* (AF) kam es zuerst zu einem signifikant ($p < 0,05$) dominanten Anstieg des Würze flavours (WORTY) im Zeitraum Sek. 4 bis 19 mit der höchsten DR bei Sek. 9 von 56,7%. Diese starke Ausprägung der Dominanz des Würze flavours war die höchste in den drei analysierten Bieren der Marke *Egger*, ersichtlich in Abb. 36.

Vom Sek. 25 bis 60 war die Malzigkeit (MALTY) signifikant ($p < 0,05$) dominant, zum Zeitpunkt des Schluckens der Bierprobe (Sek. 40) kam es zu einer geringen Abnahme, was zu einem Wellental in der Kurve führte, jedoch kam es zu einem neuerlichen Anstieg der Dominanz der Malzigkeit und diese erreichte bei Sek. 51 mit einer DR von 56,7% den höchsten Wert. Dies ist auch die höchste Dominanzrate in den analysierten *Egger* Bieren (Abb. 35). In dieser Abbildung ist auch ersichtlich, dass sich deren Domi-

nanzen in der Malzigkeiten deutlich voneinander unterschieden, sowohl in der Dominanzrate, als auch von der zeitlichen Ausprägung der Spitzenwerte.

Ab Sek. 60 steigt die Bitterkeit (BITTERNESS) in der DR stark an und verbleibt bis zum Analyseende signifikant ($p < 0,05$) dominant mit einem Maximum der DR von 66,7% von Sek. 84 bis 89.

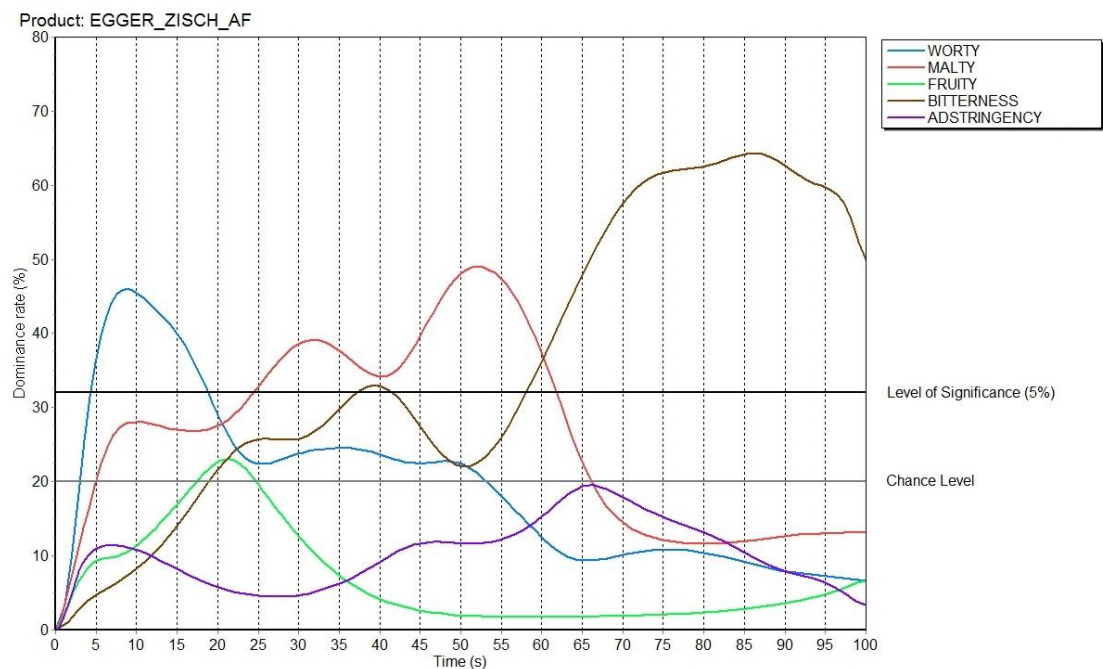


Abbildung 31: TDS-Kurven für die Attribute der Probe Egger Zisch (AF)

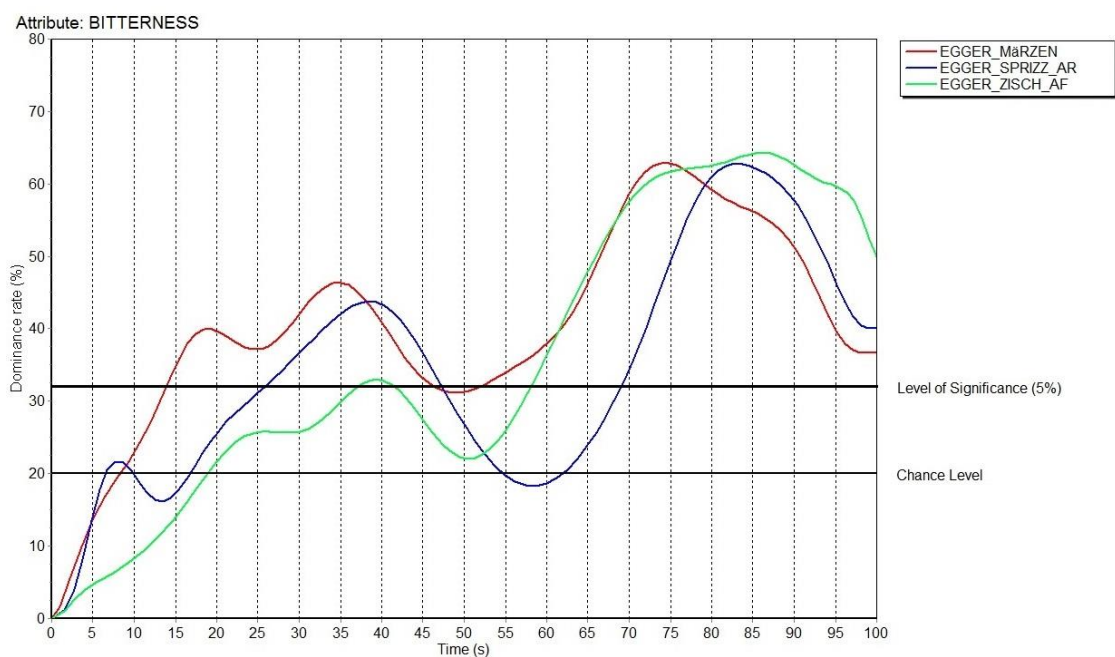


Abbildung 32: TDS-Kurven für die Bitterkeit der Egger Biere

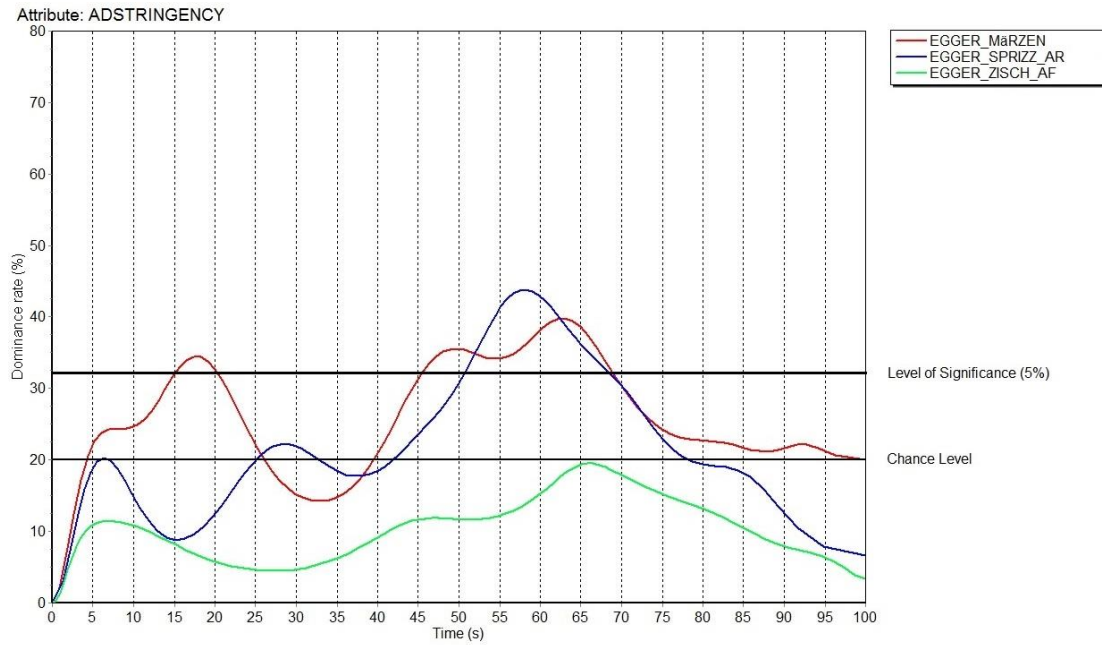


Abbildung 33: TDS-Kurven für die Adstringenz der Egger Biere

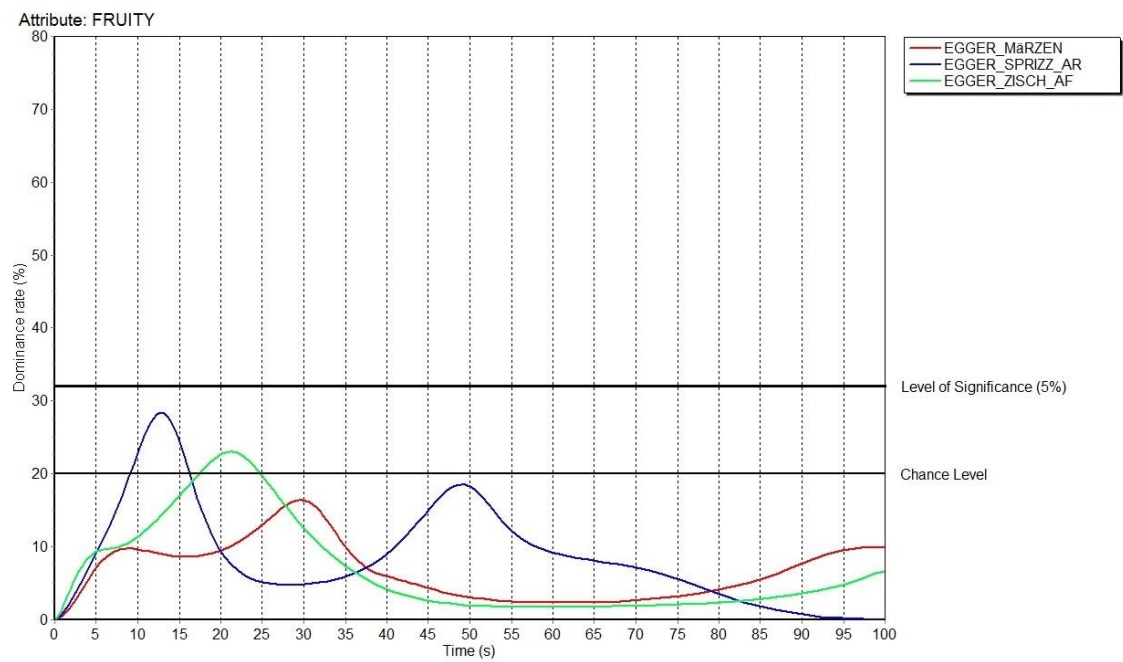


Abbildung 34: TDS-Kurven für die Fruchtigkeit der Egger Biere

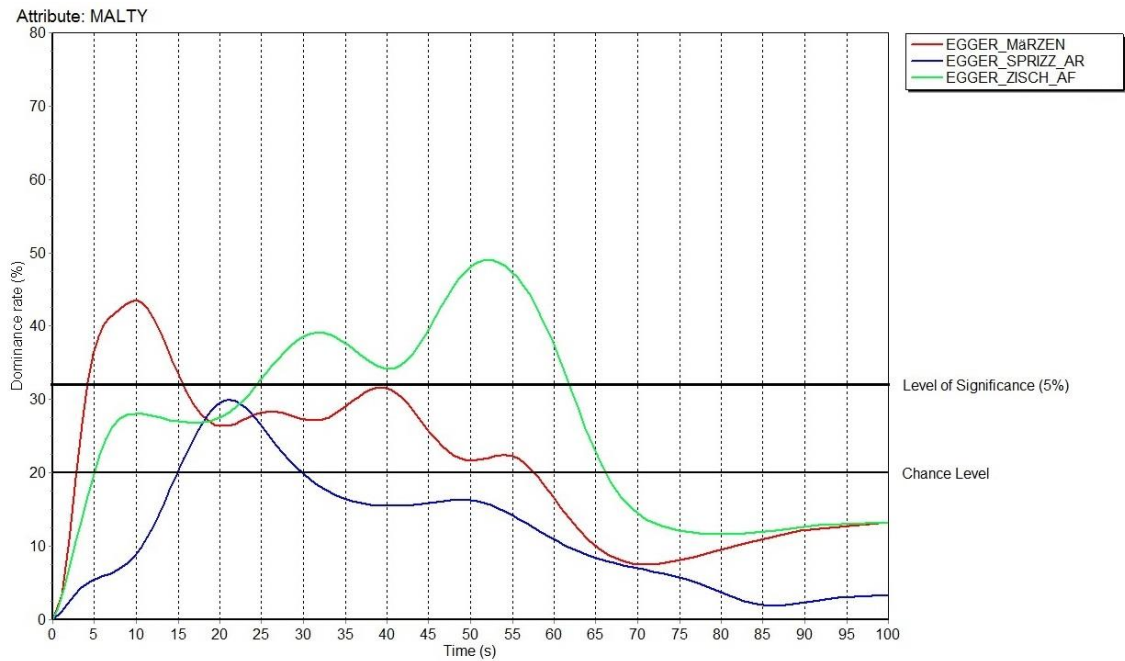


Abbildung 35: TDS-Kurven für die Malzigkeit der Egger Biere

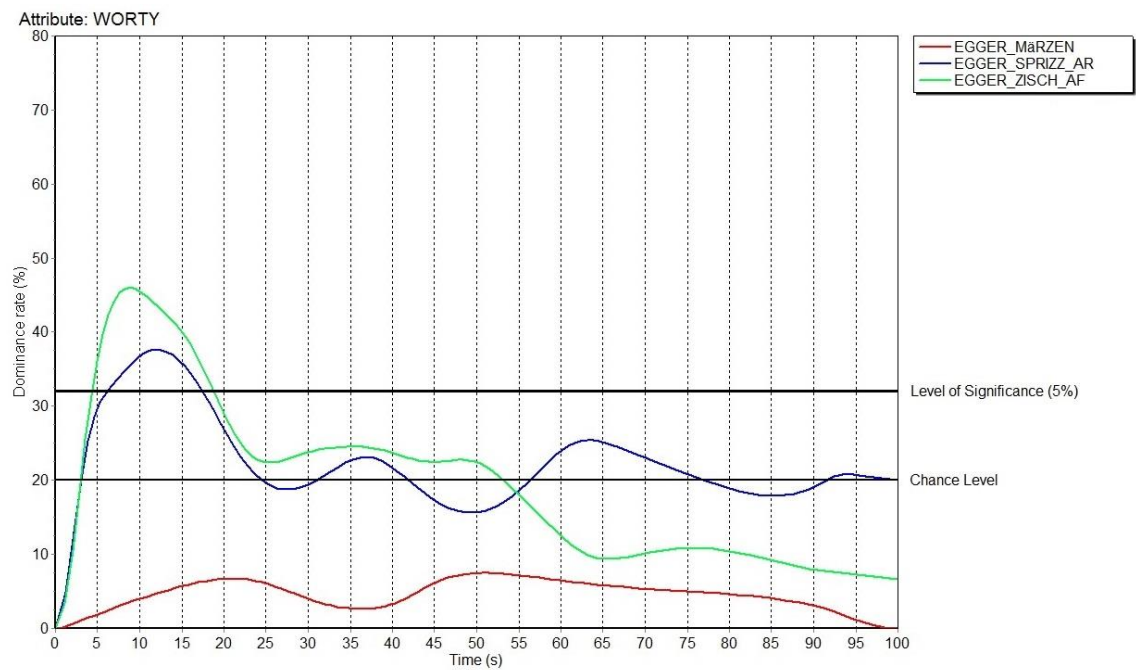


Abbildung 36: TDS-Kurven für das Würzeflavour der Egger Biere

Abbildung 37 zeigt die TDS-Kurven der Attribute der Probe *Zipfer Urtyp*. Dabei handelt es sich um die alkoholhaltige Probe der Marke *Zipfer*. Im Folgenden wird *grundsätzlich* Abbildung 37 besprochen mit Verweisen auf die Vergleichs-TDS-Diagramme der einzelnen Attribute der drei analysierten *Zipfer* Biere (Abb. 40-44).

Beim *Zipfer Urtyp* wurde nach einer nicht signifikanten Phase von mehreren Sekunden ab Sek. 10 die Malzigkeit (MALTY) als signifikant ($p < 0,05$) dominant verspürt, am höchsten von Sek. 11 bis 14 mit einer DR von 43,3%. Ab Sek. 16 löste die Adstringenz (ADSTRINGENCY) die Malzigkeit als am meisten dominant empfundenes Attribut ab und war signifikant ($p < 0,05$) dominant im Zeitraum von Sek. 16 bis 22 mit einer DR bis zu 50%, danach stieg die Dominanz für Bitterkeit (BITTERNESS) stark an und war im Zeitraum von Sek. 26 über den Zeitpunkt des Schluckens der Probe (Sek. 40) bis zu Sek. 52 signifikant ($p < 0,05$) dominant, die maximale DR lag bei 63,3% zu Sek. 31. Der Nachgeschmack der Probe *Zipfer Urtyp* glich qualitativ der Attribute des Zeitraums vor dem Schlucken. Zuerst empfanden die Panellisten die Malzigkeit als signifikant ($p < 0,05$) dominant (max DR 40% bei Sek 61 bis 63). Im Vergleich zu den Proben *Zipfer 3* (AR) und *Zipfer Hell* (AF) war die Malzigkeit im *Zipfer Urtyp* sowohl zu Beginn, als auch im Zeitraum des Nachgeschmacks am dominantesten ausgeprägt (Abb. 43).

Nach der Malzigkeit war von Sek. 65 bis 72 wieder die Adstringenz das am stärksten signifikant ($p < 0,05$) dominante Attribut (max. DR 46,7% bei Sek. 70 bis 73). Die Adstringenz der Probe *Zipfer Urtyp* lag im Vergleich mit den anderen beiden *Zipfer*-Produkten sowohl zu Beginn der Messung als auch im Nachgeschmacksbereich im signifikant ($p < 0,05$) dominanten Bereich der DR (Abb. 41).

Danach kam es zu einem stark dominanten Bitterkeitspeak, dessen signifikante ($p < 0,05$) Dominanz bis zum Analyseende anhielt (max. DR 66,7% bei Sek. 82 bis 84). Die Bitterkeit im *Zipfer Urtyp* erreichte im Zeitraum des ersten großen Peaks (Sek. 25 bis 50) die höchste Dominanz unter den *Zipfer*-Bier-Proben, im Nachgeschmack wurde die Bitterkeit jedoch nicht im *Zipfer Urtyp* (AH), sondern im *Zipfer 3* (AR) am dominantesten empfunden (Abb. 40).

Die Attribute Fruchtigkeit (FRUITY) und Würze flavour (WORTY) blieben während der gesamten Messung unterhalb der Zufallswahrscheinlichkeit.

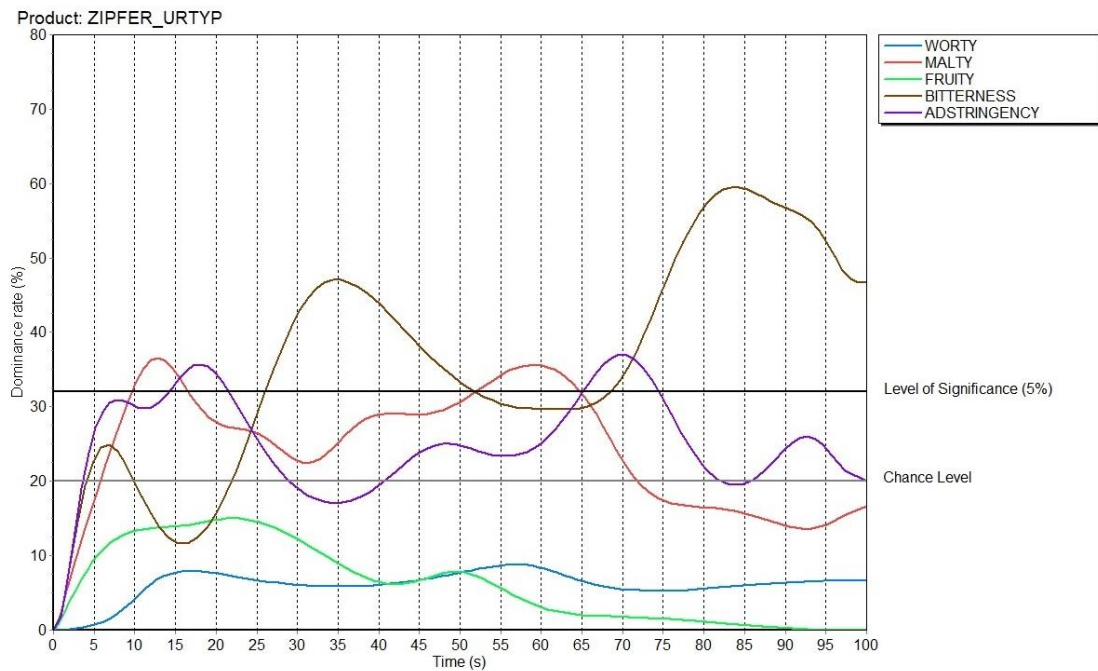


Abbildung 37: TDS-Kurven für die Attribute der Probe Zipfer Urtyp (AH)

Abbildung 38 zeigt die TDS-Kurven der Attribute der Probe *Zipfer 3*. Dabei handelt es sich um die alkoholreduzierte Probe der Marke *Zipfer*. Im Folgenden wird *grundsätzlich* Abbildung 38 besprochen mit Verweisen auf die Vergleichs-TDS-Diagramme der einzelnen Attribute der drei analysierten *Zipfer* Biere (Abb. 40-44).

Im Zeitraum, in dem die Probe im Mund behalten wurde (Sek. 0 bis 40) ist die Malzigkeit (MALTY) jenes Attribut, welches am stärksten dominant empfunden wurde, mit zwei, durch ein Wellental voneinander getrennte signifikante ($p < 0,05$) Bereiche. Die höchste DR ergab sich in Sek. 28 mit 46,7%. Die Signifikanz ($p < 0,05$) hielt bis nach dem Zeitpunkt des Schluckens der Probe (Sek. 40) an. In Abb. 43 ist zu erkennen, dass in den *Zipfer* Proben die Ausprägung der DR der Malzigkeit unterschiedlich ausfiel, der Maximalwert der Probe *Zipfer 3* (AR) ist zeitlich vom Maximum der beiden anderen *Zipfer* Proben verschieden.

Das erste signifikant ($p < 0,05$) dominante Attribut nach dem Schlucken (Sek. 40) war die Adstringenz (ADSTRINGENCY) mit einem deutlichen Peak im Zeitraum Sek. 53 bis 65 (max. DR 53%). Dies ist der höchste Wert der Adstringenz-DR in den *Zipfer* Proben und zeitlich vom *Zipfer Urtyp* (AH) und *Zipfer Hell* (AF) unterschiedlich (Abb. 41).

Ab Sek. 67 bis zum Ende der Analysezeit trat eine stark signifikante ($p < 0,05$) Dominanz der Bitterkeit (BITTERNESS) auf, deren maximale Dominanzrate von Sek. 80 bis 88 73,3% betrug. Dieser Wert war die höchste Dominanzrate der Bitterkeit, die in den Proben der Marke *Zipfer* festgestellt wurde (Abb. 40)

Den DR-Tabellen im Anhang ist zu entnehmen, dass die Fruchtigkeit (FRUITY) von Sek. 4 bis 7 ebenfalls über dem signifikant ($p < 0,05$) dominanten Bereich lag mit einer DR von 33,3%, dies ist in Abb. 38 durch die Kurvenglättung nicht ersichtlich. Die Fruchtigkeit in der Probe *Zipfer 3* war jene, mit der höchsten DR der *Zipfer* Proben, mit dem soeben erläuterten Peak im signifikant ($p < 0,05$) dominanten Bereich (Abb. 42).

Das Würzeflavour (WORTY) lag während der gesamten Analyse unterhalb des Signifikanzniveaus.

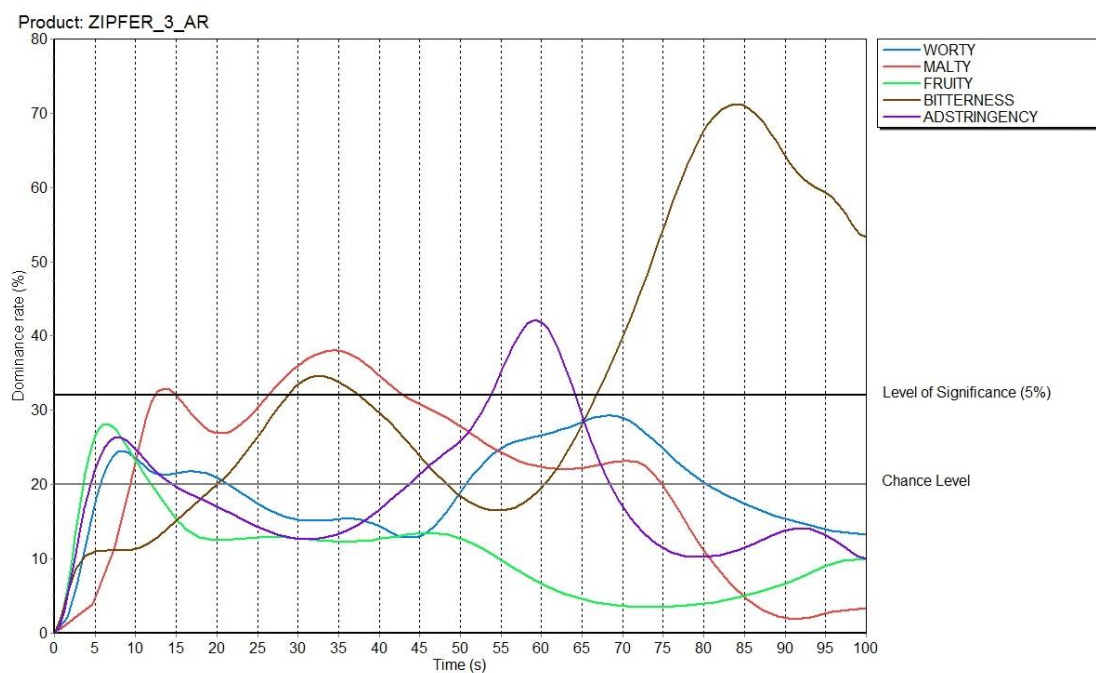


Abbildung 38: TDS-Kurven für die Attribute der Probe Zipfer 3 (AR)

Abbildung 39 zeigt die TDS-Kurven der Attribute der Probe *Zipfer Hell*. Dabei handelt es sich um die alkoholfreie Probe der Marke *Zipfer*. Im Folgenden wird *grundsätzlich* Abbildung 39 besprochen mit Verweisen auf die Vergleichs-TDS-Diagramme der einzelnen Attribute der drei analysierten *Zipfer* Biere (Abb. 40-44).

Das *Zipfer Hell* wurde zu Beginn der Analyse mit einer deutlich signifikanten ($p < 0,05$) Ausprägung des Würzefflavors (WORTY) im Zeitraum von Sek. 4 bis 33 bewertet. Die höchste Ausprägung der Dominanzrate betrug hier in den Sekunden 6 bis 7 63,3%. Diese Ausprägung der Würzigkeit zu Beginn der Analyse hat auch die höchste Dominanzrate verglichen mit dem *Zipfer 3* (AR) und dem *Zipfer Urtyp* (AH), Abbildung 44 zu entnehmen.

Im Zeitfenster von Sek. 35 bis 70, in welches auch das Schlucken der Probe fällt (Sek. 40) bewegen sich mehrere Attribute im DR-Bereich von 20 bis 30%, abgesehen von einer kurzen signifikanten ($p < 0,05$) DR des Attributs Malzigkeit (MALTY) in Sek. 54 bis 56 mit einer DR von 33,3%, die jedoch nur den DR-Tabellen zu entnehmen ist, war in diesem Zeitraum kein Attribut signifikant ($p < 0,05$) dominant.

Ab Sek. 72 lag die Bitterkeit (BITTERNESS) im signifikanten ($p < 0,05$) Bereich der DR und verblieb dort bis zum Ende der Untersuchung mit max. DR von 56,7% bei Sek. 83 bis 86. Dieser Bitterkeitspeak war verglichen mit dem *Zipfer 3* (AR) und dem *Zipfer Urtyp* (AH) der Bitterkeitspeak im Nachgeschmack mit der geringsten DR (Abb. 40).

Laut den DR-Rohdaten (Anhang) trat auch das Würzefflavour im Nachgeschmack bei Sek. 79 mit einer DR von 36,7 noch einmal signifikant ($p < 0,05$) dominant auf, in Abb. 39 ist die nicht ersichtlich.

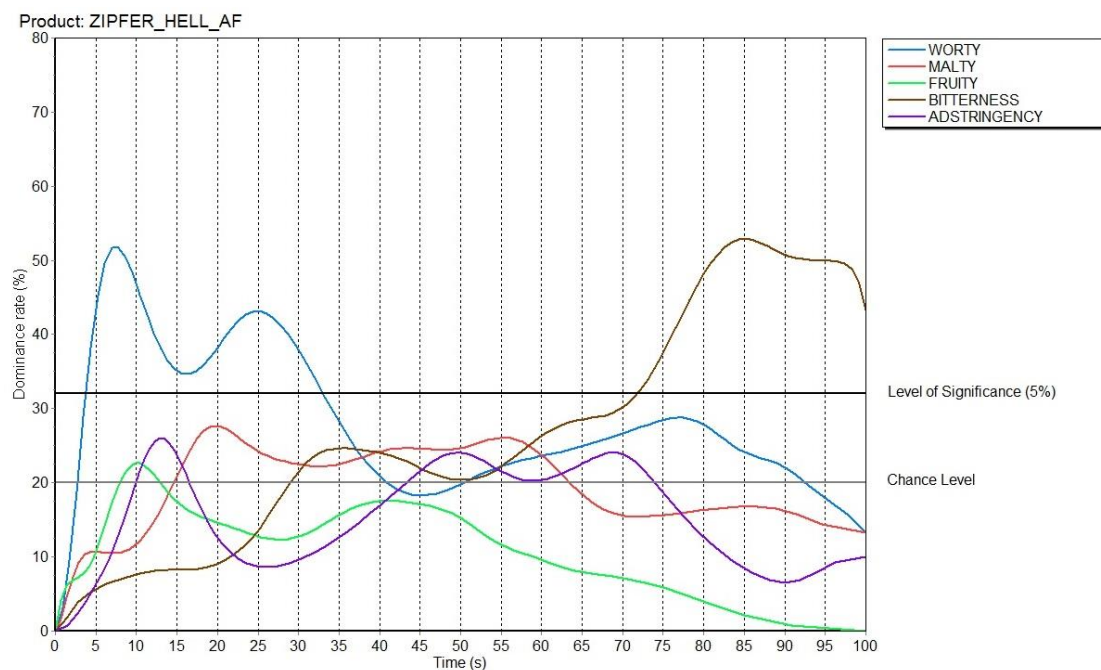


Abbildung 39: TDS-Kurven für die Attribute der Probe Zipfer Hell (AF)

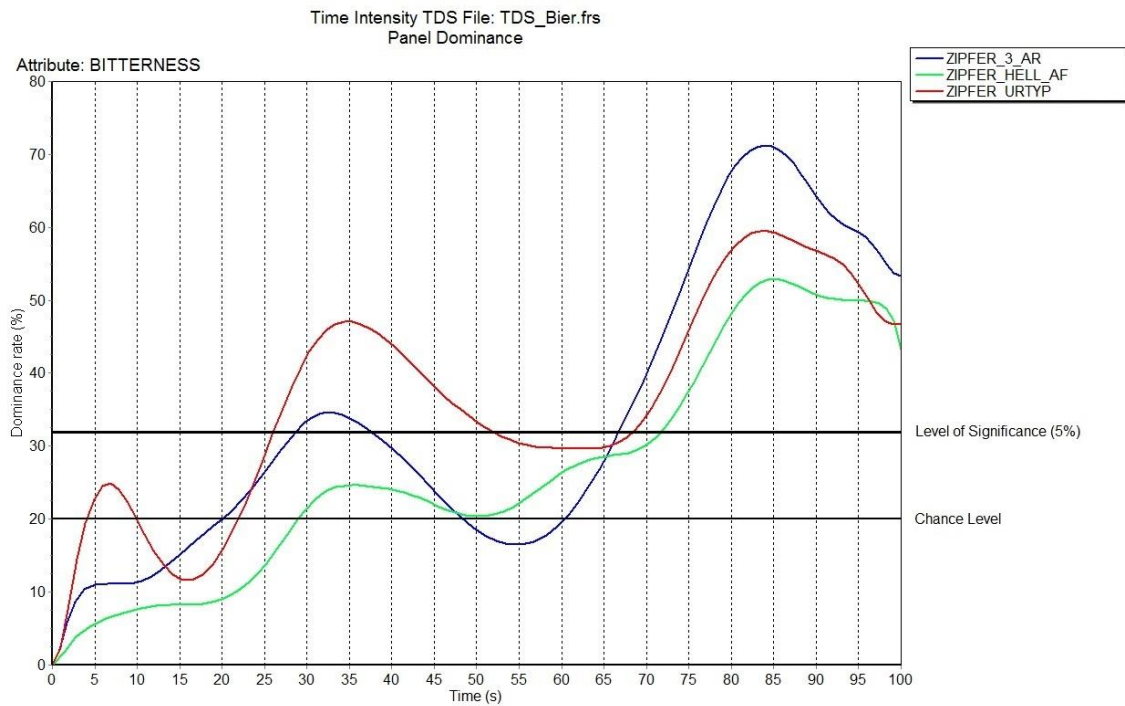


Abbildung 40: TDS-Kurven für die Bitterkeit der Zipfer Biere

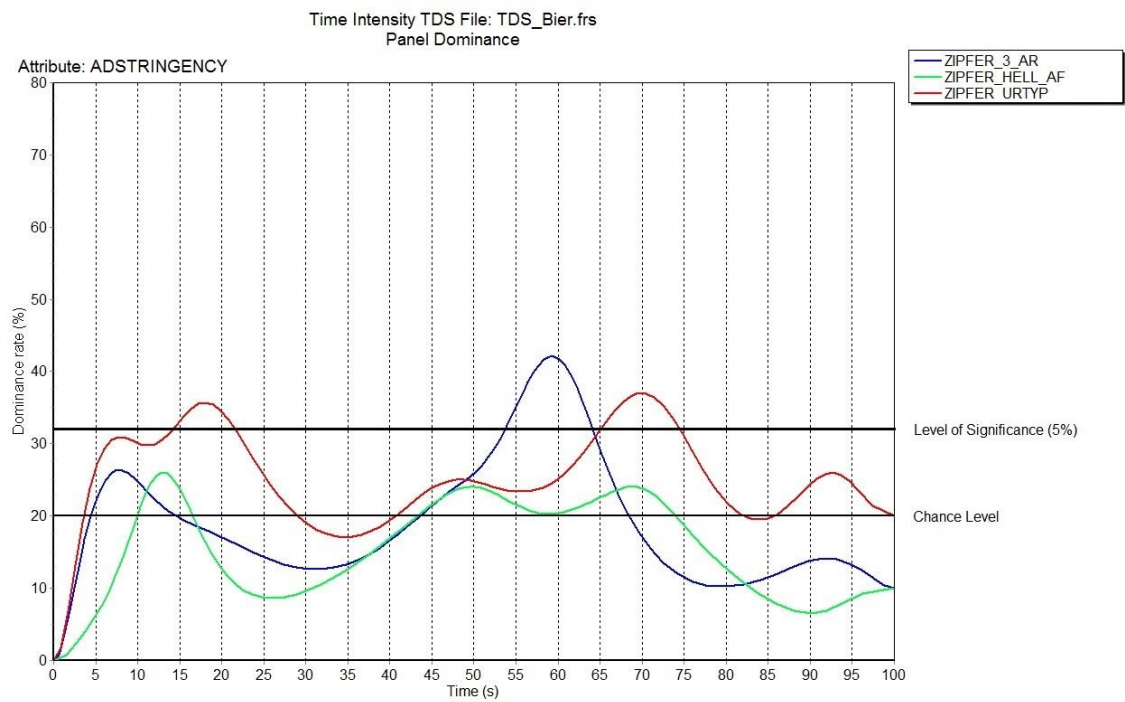


Abbildung 41: TDS-Kurven für die Adstringenz der Zipfer Biere

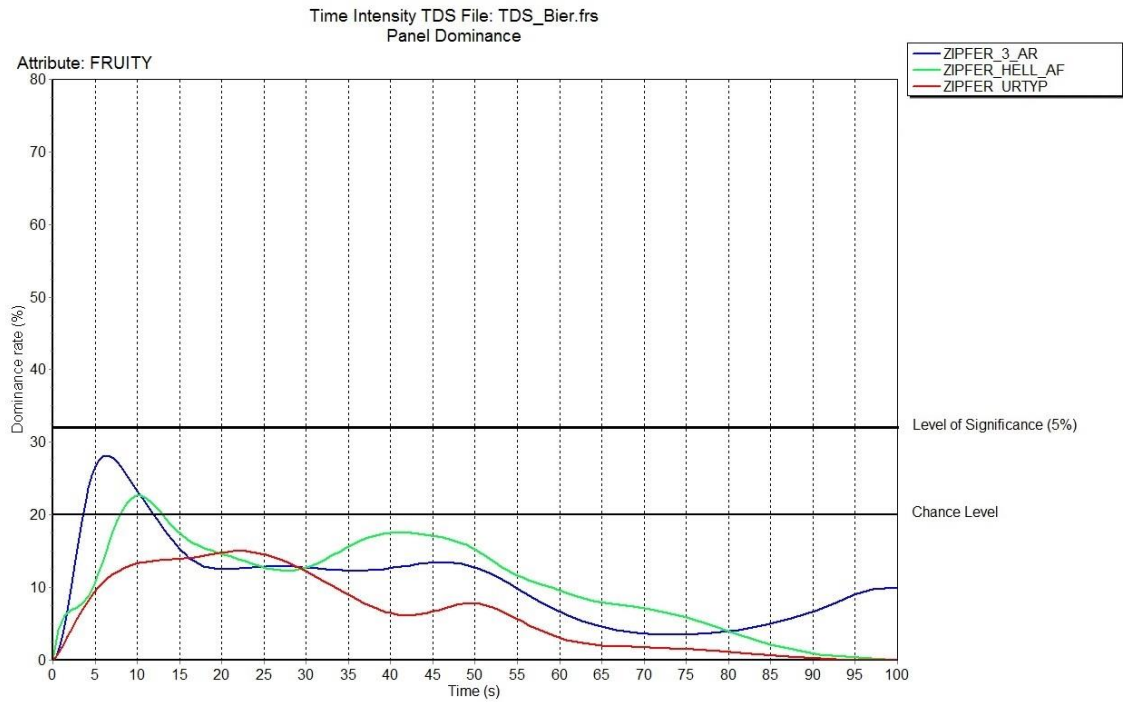


Abbildung 42: TDS-Kurven für die Fruchtigkeit der Zipfer Biere

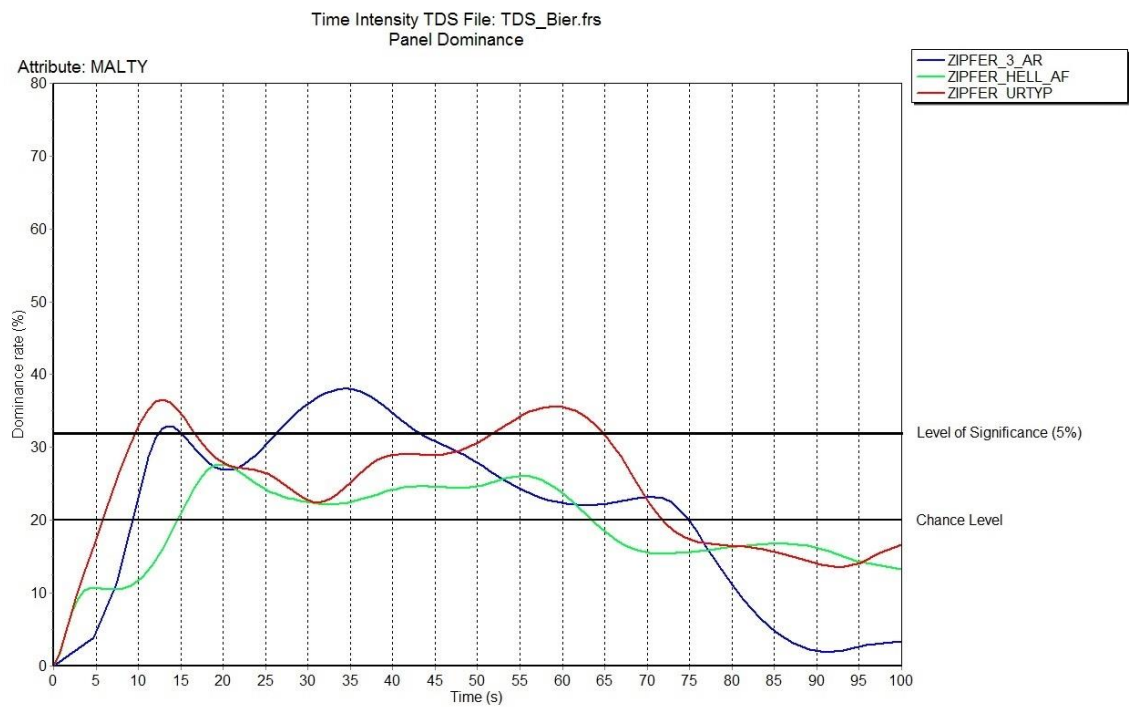


Abbildung 43: TDS-Kurven für die Malzigkeit der Zipfer Biere

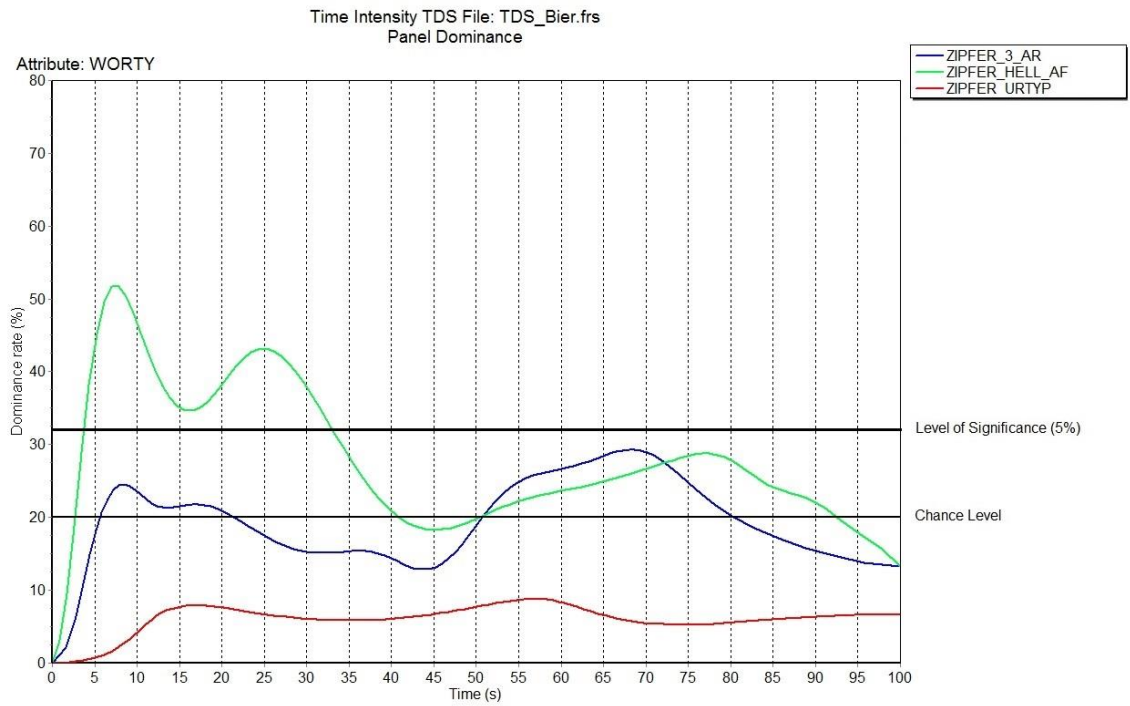


Abbildung 44: TDS-Kurven für das Würzeflavour der Zipfer Biere

Abbildung 45 zeigt die TDS-Kurven der Attribute der Probe *Stiegl Goldbräu*. Dabei handelt es sich um die alkoholhaltige Probe der Marke *Stiegl*. Im Folgenden wird *grundsätzlich* Abbildung 45 besprochen mit Verweisen auf die Vergleichs-TDS-Diagramme der einzelnen Attribute der drei analysierten *Stiegl* Biere (Abb. 48-52).

Von Sek. 3 bis 15 ist ein deutlich signifikanter ($p < 0,05$) Malzigkeitspeak (MALTY) ersichtlich mit einer DR von bis zu 63,3% bei Sek. 10. Dieser Peak zu Beginn der Analyse trat nur bei *Stiegl Goldbräu* auf und war bei den Proben *Stiegl Leicht* (AR) und *Stiegl Freibier* (AF) nicht ausgeprägt (Abb. 51). Ein weiteres Mal war die Malzigkeit im Zeitbereich des Schluckens der Probe (Sek. 40) signifikant ($p < 0,05$) dominant, gemeinsam mit Bitterkeit (BITTERNESS) und Adstringenz (ADSTRINGENCY). Ein Anstieg der Dominanz in diesem Zeitbereich ist bei allen drei *Stiegl* Proben in Abbildung 51 zu erkennen, jedoch unterschiedlich stark und nicht exakt zum gleichen Zeitpunkt.

Sekunde 20 bis 40 war durch die sig. ($p < 0,05$) Dominanz der Bitterkeit gekennzeichnet (max. DR 56,7% bei Sek. 28).

Gleich nach dem Schlucken der Probe trat ein Anstieg der Adstringenz (ADSTRINGENCY) auf, der sig. ($p < 0,05$) Maximalwert der DR lag in Sek. 53 bei 56,7%. In Abb. 49 zu erkennen ist, dass die Adstringenz in der Probe *Stiegl Goldbräu* (AH) die höchste DR aller drei analysierten *Stiegl* Proben hatte.

Nach dem Peak der Adstringenz, ab Sek. 54 bis zum Ende der Analyse stieg die DR der Bitterkeit stark an. Der Höchstwert lag bei 73,3% zum Zeitpunkt von Sek. 95 bis 96. Laut Abbildung 48 waren die Dominanzen der Bitterkeit in den drei *Stiegl* Proben im Verlauf ähnlich, die Höhe der DR unterschied sich jedoch in allen drei Proben, die Bitterkeitspeaks im *Stiegl Goldbräu* (AH) waren am höchsten (Abb. 48).

Die Fruchtigkeit (FRUITY) im *Stiegl Goldbräu* (AH) erreichte in Sek. 14 bis 15 mit einer DR von 36,7% eine signifikante ($p < 0,05$) DR (Werte lt. DR-Rohdaten).

Das Würzeflavour (WORTY) blieb immer unter der Zufallswahrscheinlichkeit.

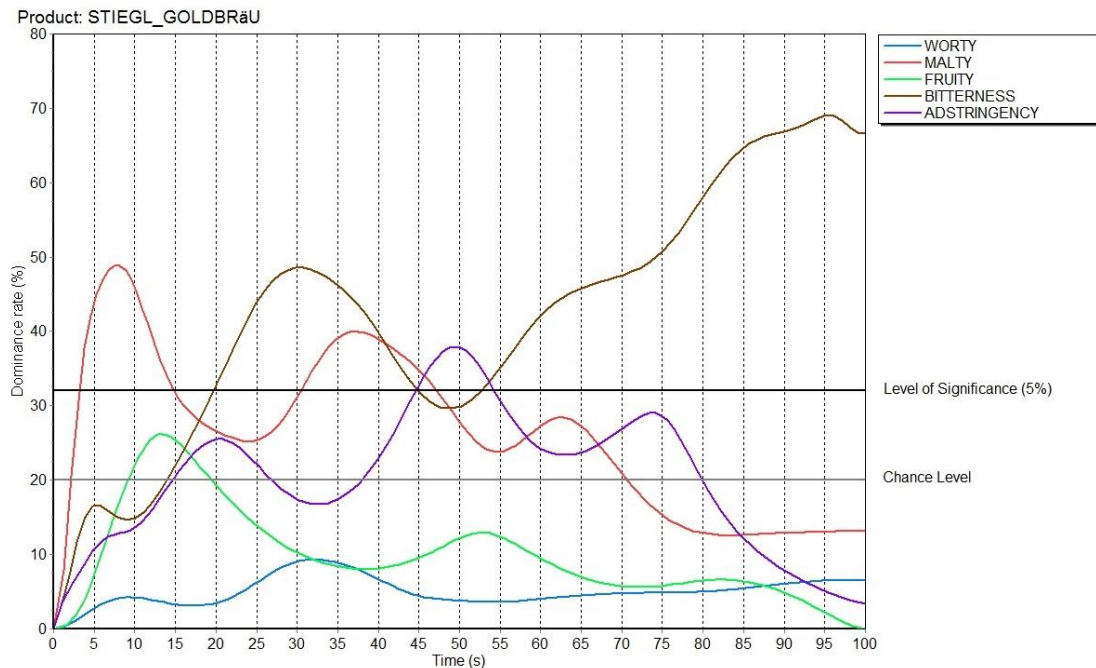


Abbildung 45: TDS-Kurven für die Attribute der Probe Stiegl Goldbräu (AH)

Abbildung 46 zeigt die TDS-Kurven der Attribute der Probe *Stiegl Leicht*. Dabei handelt es sich um die alkoholreduzierte Probe der Marke *Stiegl*. Im Folgenden wird *grundsätzlich* Abbildung 46 besprochen mit Verweisen auf die Vergleichs-TDS-Diagramme der einzelnen Attribute der drei analysierten *Stiegl* Biere (Abb. 48-52).

Das erste Attribut, welches in dieser Probe als signifikant ($p < 0,05$) dominant empfunden wurde, war die Fruchtigkeit (FRUITY), in den Sekunden 5 bis 9, es kam zu einer DR mit dem Maximum von 46,7% in Sekunde 6. Auch im Zeitraum nach dem Schlucken der Probe (Sek. 40) stieg die Dominanz wieder an, erreichte aber keine Signifikanz mehr. Abb. 50 zeigt, dass die Fruchtigkeit in der Probe *Stiegl leicht* am dominantesten unter den analysierten *Stiegl* Proben war.

Mit der Fruchtigkeit gemeinsam schien auch die Adstringenz (ADSTRINGENCY) in den ersten Sekunden der Analyse eine höhere Signifikanz zu entwickeln, den DR-Rohdaten ist zu entnehmen, dass diese in Sek. 8 und 9 mit einer DR von 36,7% im sig. ($p < 0,05$) dominanten Bereich lag.

Von Sek. 20 bis 32 war dann die Bitterkeit (BITTERNESS) sig. ($p < 0,05$) dominant (max. DR mit 43,3% von Sek. 24 bis 27).

Auch das Würze flavour (WORTY) wurde in der Analyse als sig. ($p < 0,05$) dominant wahrgenommen. Gleich zwei Mal befand es sich knapp im signifikanten Bereich, allerdings ist dies nur den Rohdaten der DR zu entnehmen. Im Zeitraum von Sek. 28 bis 33 wurde zu Sek. 30 eine max. DR von 36,7% erreicht, im Zeitraum Sek 61 bis 65 eine max. DR von 33,3%. *Stiegl Leicht* (AR) hatte somit nicht die stärkste Dominanz-Ausprägung der drei analysierten *Stiegl* Biere, war aber das einzige, welches zwei signifikant ($p < 0,05$) ausgeprägte Peaks aufwies, einen vor und einen nach den Zeitpunkt des Schluckens der Probe in Sek. 40 (Abb. 52).

Nach Sek. 40 zeigten Bitterkeit und Würze flavour einen DR-Abfall, die anderen drei Attribute (Fruchtigkeit, Adstringenz und Malzigkeit) wiesen in diesem Zeitraum Spitzenwerte auf, wobei die Malzigkeit (MALTY) in Sek. 48 bis 49 mit einer DR von 33,3% und die Adstringenz zum Zeitpunkt Sek. 54 mit 40% sig. ($p < 0,05$) DR erreichte (den Rohdaten zu entnehmen). Die Malzigkeit im *Stiegl Leicht* war von allen drei *Stiegl* Proben die geringste und erreichte nur zu diesem Zeitpunkt kurz einen Wert oberhalb der Signifikanz ($p < 0,05$) (Abb. 51). Die Adstringenz in der Probe *Stiegl Leicht* (AR) war nicht so dominant ausgeprägt wie von der Probe *Stiegl Goldbräu* (AH), die erste Peakspitze war jedoch höher als der der alkoholhaltigen Probe (Abb 49).

Ab Sek. 60 dominierte wieder die Bitterkeit (max. DR von Sek. 76 bis 79 mit 63,3%).

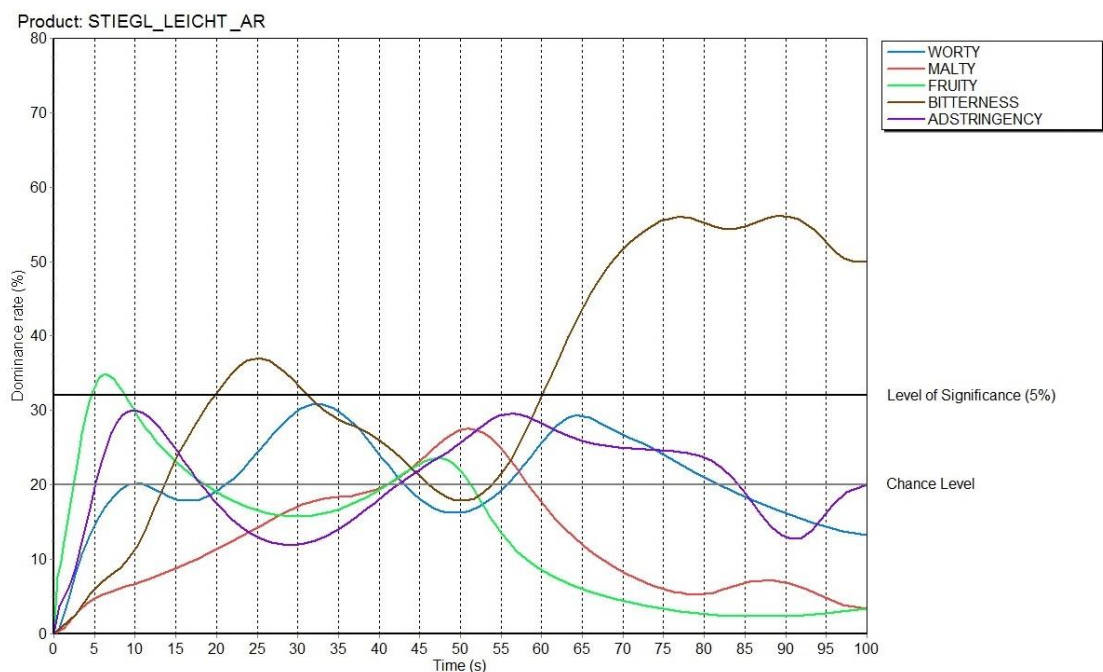


Abbildung 46: TDS-Kurven für die Attribute der Probe Stiegl Leicht (AR)

Abbildung 47 zeigt die TDS-Kurven der Attribute der Probe *Stiegl Freibier* (AF). Dabei handelt es sich um die alkoholfreie Probe der Marke *Stiegl*. Im Folgenden wird *grundsätzlich* Abbildung 47 besprochen mit Verweisen auf die Vergleichs-TDS-Diagramme der einzelnen Attribute der drei analysierten *Stiegl* Biere (Abb. 48-52).

Von Sek. 4 bis 33 trat das Würze flavour (WORTY) in den sig. ($p < 0,05$) Bereich der DR, Spitzenwert bei Sek. 4, 5 und 14 mit 50%. Die Dominanz des Würze flavours war in der Probe *Stiegl Freibier* (AF) am höchsten von den analysierten *Stiegl* Proben (Abb. 52).

Auch die Fruchtigkeit erreichte einen kurzen Zeitraum der Signifikanz ($p < 0,05$), in Sek. 23 bis 26 lag deren DR bei 36, 7% (in den Rohdaten ersichtlich). Die Fruchtigkeit des *Stiegl Freibiers* (AF) hatte zwar nicht die höchste Dominanzrate der drei *Stiegl* Proben, bewegte sich aber am längsten über der Zufallswahrscheinlichkeit (Abb. 50).

Von Sek. 33 bis 57 hatte die Malzigkeit (MALTY) ihre DR im sig. ($p < 0,05$) Bereich mit max. DR von 53,3% bei Sek. 48. Die Malzigkeiten der beiden anderen *Stiegl* Proben (AH und AR) verhielten sich anders als die von *Stiegl Freibier* (AF), zwar gibt es in der Kurvenform und den Werten leichte Parallelen mit *Stiegl Goldbräu* (AH), allerdings sind diese um ca. 10 Sek. zeitversetzt (Abb. 51).

Ab Sek. 72 stieg die Bitterkeit (BITTERNESS) an, welche bis zu diesem Zeitpunkt unter der Zufallswahrscheinlichkeit war und blieb bis zum Analyseende signifikant ($p < 0,05$). Das Maximum lag ab Sek. 88 bei 56,7% DR und verblieb bis zum Ende des Versuchs bei diesem Wert. Die DR der Bitterkeit von *Stiegl Freibier* (AF) blieb über den Großteil der Analyse unter den Bitterkeits-DR von *Stiegl Goldbräu* (AH) oder *Stiegl Leicht* (AR) und wies bis auf den Anstieg im Nachgeschmack keine Ähnlichkeiten auf (Abb. 48).

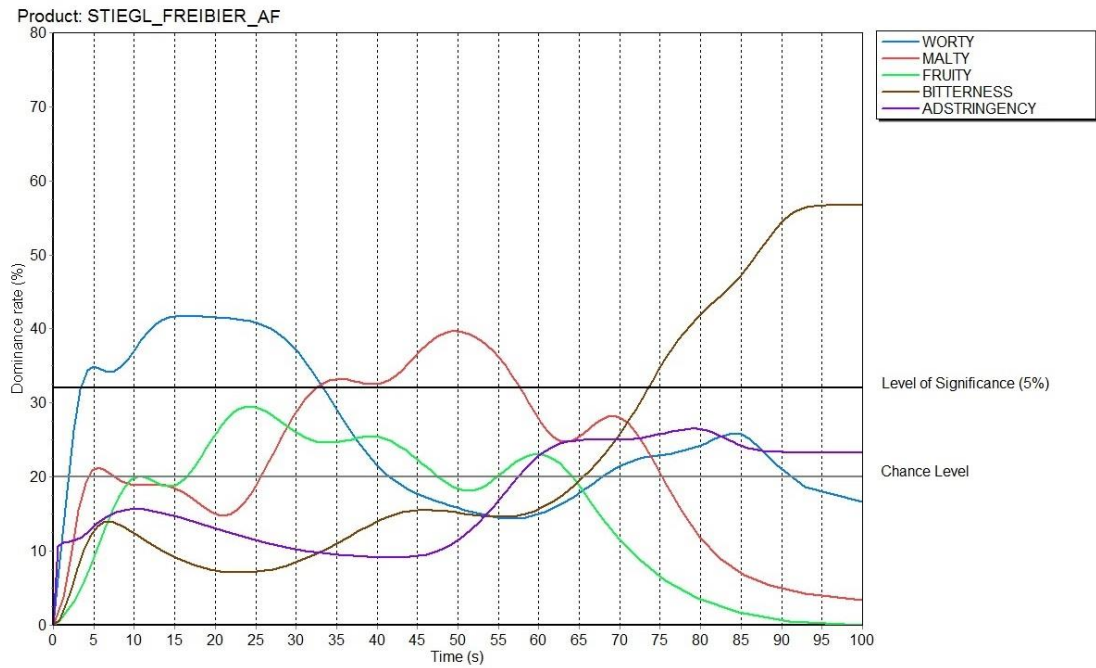


Abbildung 47: TDS-Kurven für die Attribute der Probe Stiegl Freibier (AF)

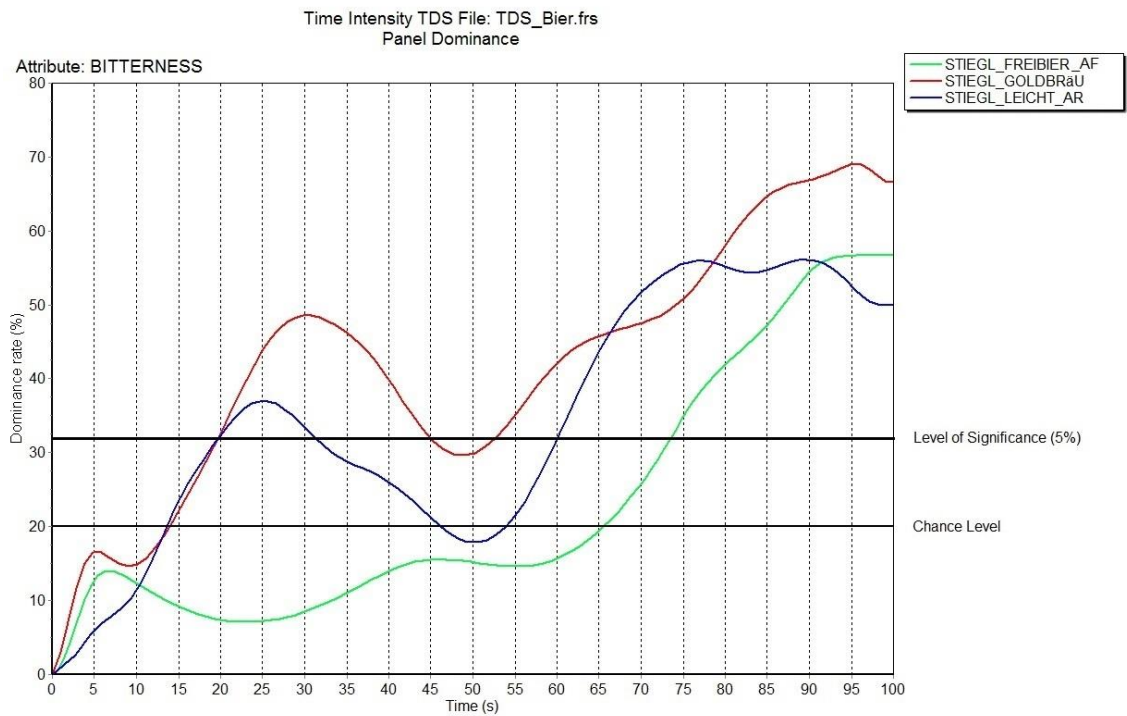


Abbildung 48: TDS-Kurven für die Bitterkeit der Stiegl Biere

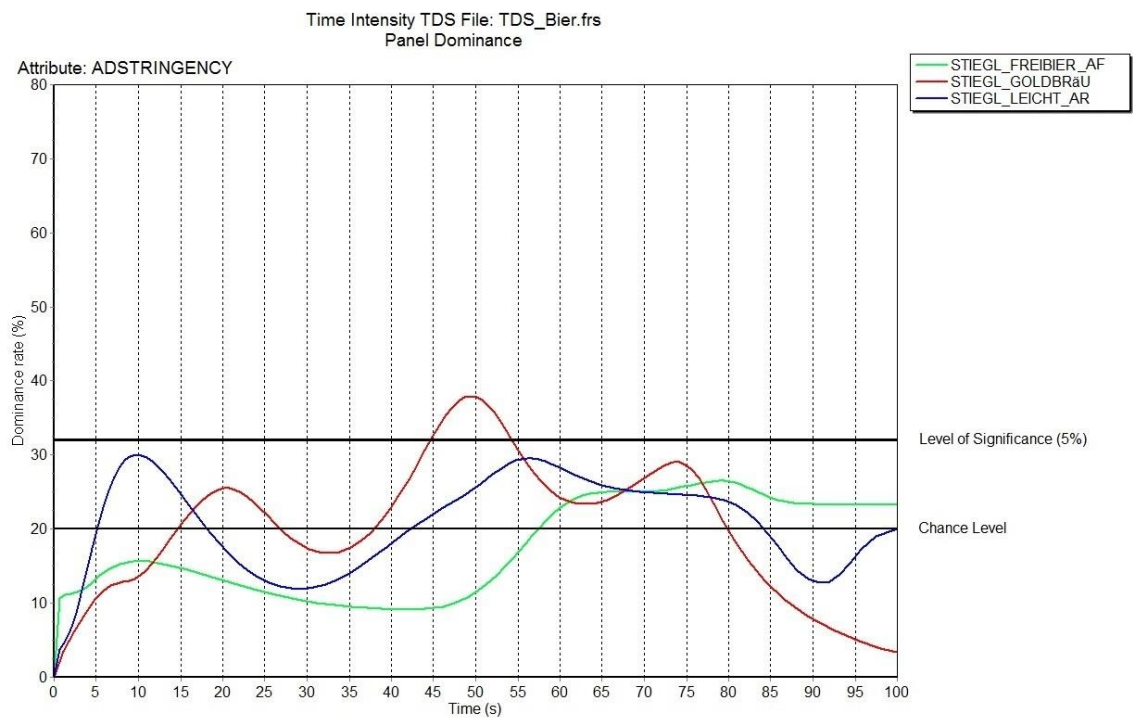


Abbildung 49: TDS-Kurven für die Adstringenz der Stiegl Biere

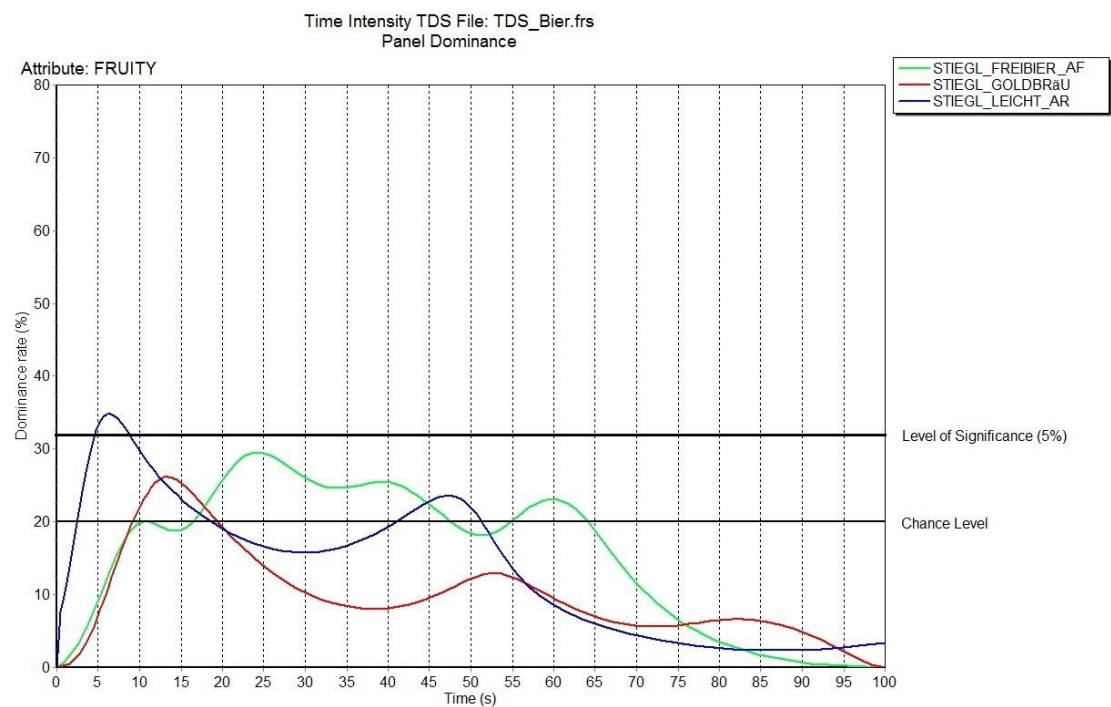


Abbildung 50: TDS-Kurven für die Fruchtigkeit der Stiegl Biere

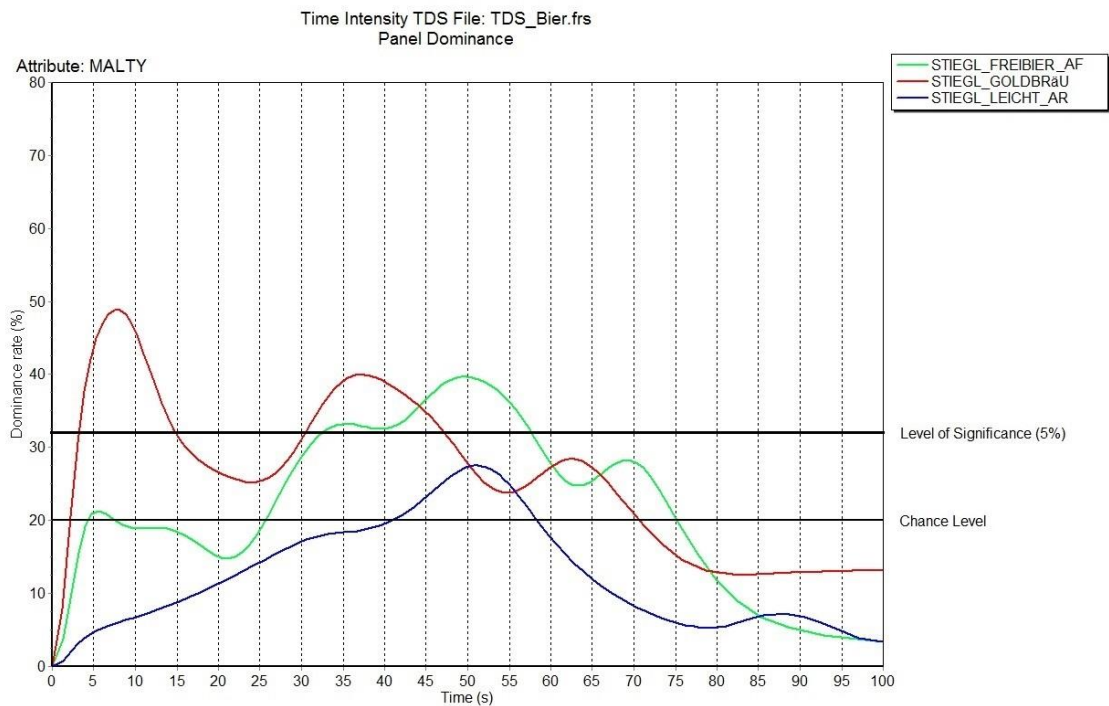


Abbildung 51: TDS-Kurven für die Malzigkeit der Stiegl Biere

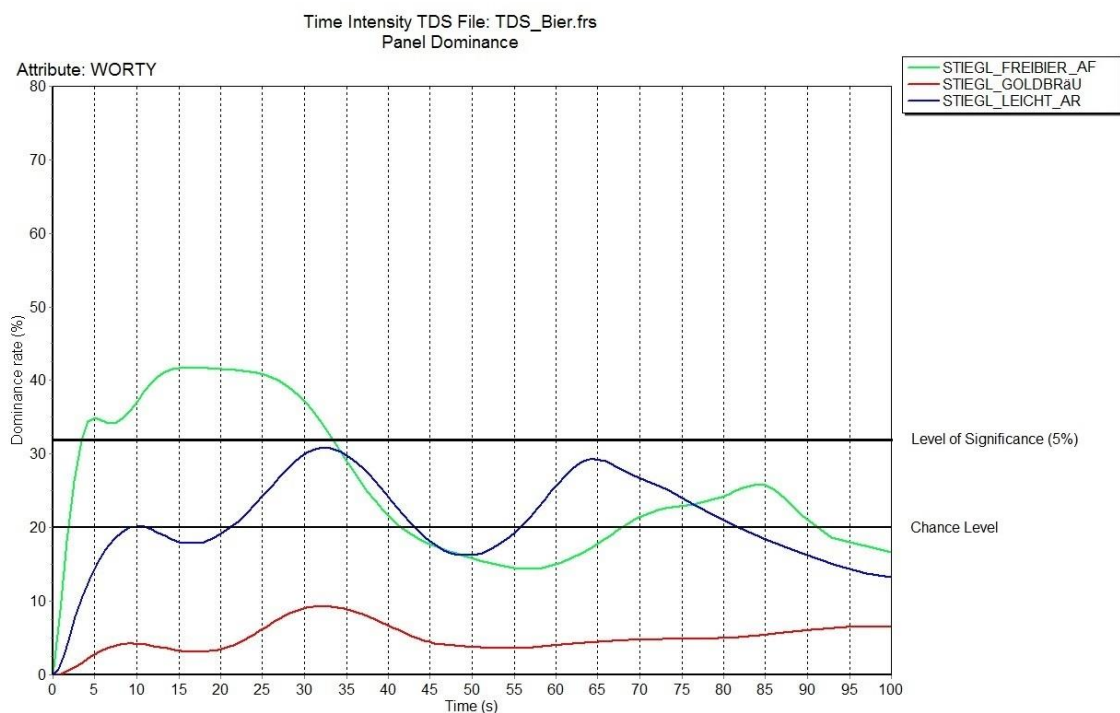


Abbildung 52: TDS-Kurven für das Würzeffavour der Stiegl Biere

4.3 TDS-Kurven einzelner Attribute verglichen nach Alkoholgehalt und paarweiser Attributvergleich von zwei Produkten gleichen Alkoholgehalts

4.3.1 TDS-Kurven einzelner Attribute der alkoholhaltigen Biere und paarweiser Attributvergleich von zwei alkoholhaltigen Produkten

In Abbildung 53 sind die TDS-Kurven der alkoholhaltigen Biere für das Attribut Bitterkeit ersichtlich. In jeder der drei Proben gab es vor dem Zeitpunkt des Schluckens (Sek. 40) einen Peak, die sich in der Dominanz und der Zeit sehr ähnlich waren. Nach diesem fielen in allen Proben die Dominanzraten bis unter das Signifikanzniveau ($p < 0,05$) ab und erreichten nach einem neuerlichen starken Anstieg im Nachgeschmack ab Sekunde 53 ihre Höchstwerte, wobei sich diese nun weniger ähnlich waren. *Egger Märzen* hatte die höchste DR 66,7% (lt. Rohdaten) in den Sek. 70 bis 80 und damit deutlich früher als *Zipfer Urtyp* mit einer DR 66,7% (lt. Rohdaten) um die Sek. 85. Den höchsten Anstieg, der bis zum Analyseende auch auf diesem Niveau blieb hatte das *Stiegl Goldbräu* aufzuweisen, mit der höchsten DR von 73,3% (lt. Rohdaten) bei Sek. 95 bis 96.

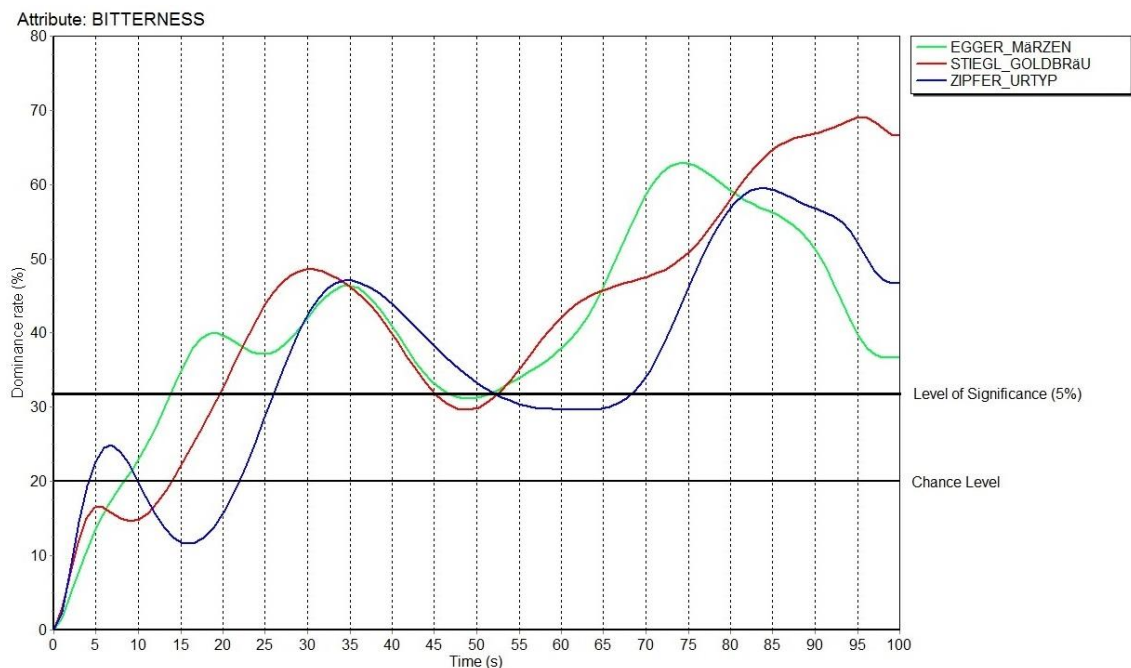


Abbildung 53: TDS-Kurven für die Bitterkeit der alkoholhaltigen Biere

In der Abbildung 54 sind die Adstringenzen der drei alkoholhaltigen Biere miteinander verglichen. Um die Sekunden 20 erreichten alle drei Proben einen Spitzenwert, wobei die Adstringenz des *Stiegl Goldbräus* deutlich unter den DR der *Zipfer* und *Egger* Probe

blieb. Nach dieser Peakspitze fielen alle drei Kurven zwischen Sek. 25 bis 40 unter die Zufallswahrscheinlichkeit ab, dies fiel ca. in den Zeitraum, in dem die Bitterkeit deutlich ausgeprägt war (Abb. 53). Ab dem Zeitpunkt des Schluckens der Probe (Sek. 40) stiegen die DR der Adstringenz wieder über das Signifikanzlevel ($p < 0,05$) an, zu diesem Zeitpunkt hatte die Bitterkeit einen starken Abfall in der DR (Abb. 53). In den letzten 25 Sek. der Analyse fiel die Adstringenz aller drei Proben unter das Signifikanzlevel. Es fällt auf, dass in den alkoholhaltigen Proben sich die Attribute Bitterkeit und Adstringenz in ihrer Dominanz gegengleich verhielten, immer wenn ein Attribut eine Peakspitze hatte, hatte das andere Attribut zur selben Zeit ein ausgeprägtes Wellental.

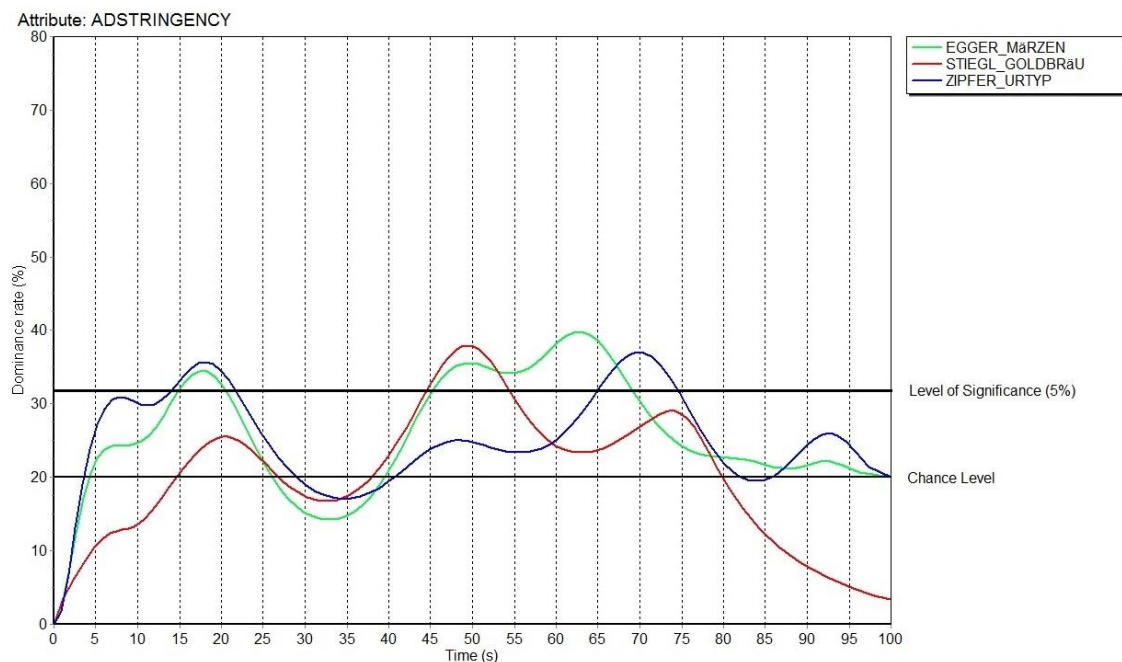


Abbildung 54: TDS-Kurven für die Adstringenz der alkoholhaltigen Biere

Die TDS-Kurven der alkoholhaltigen Biere in der Abbildung 55 zeigen, dass das Attribut Fruchtigkeit in diesen keine großen Ausprägungen hatte. Nur das *Stiegl Goldbräu* wies in Sek. 14 bis 15 eine DR oberhalb der Signifikanz ($p < 0,05$) mit einer DR von 36,7% lt. Rohdaten auf. Das *Zipfer Urtyp* und das *Egger Märzen* erreichten während der gesamten Analysedauer keine Dominanzrate oberhalb des Signifikanzlevels.

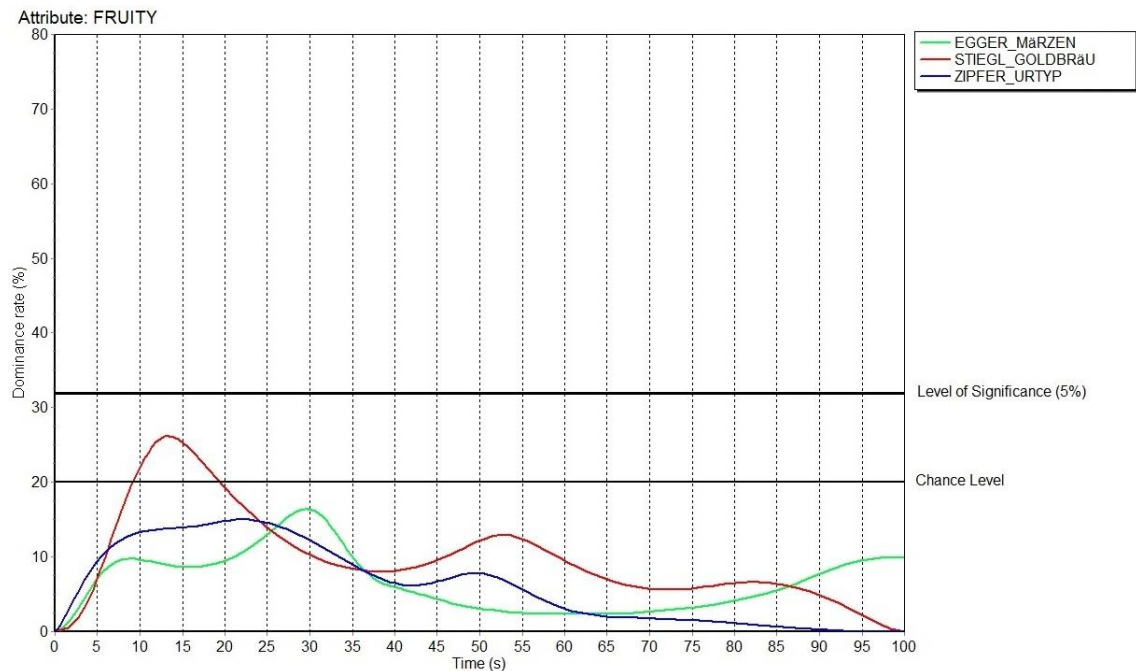


Abbildung 55: TDS-Kurven für die Fruchtigkeit der alkoholhaltigen Biere

Das Attribut Malzigkeit in den alkoholhaltigen Bieren zeigte in den einzelnen Proben unterschiedliche Ausprägungen, zu sehen in Abb. 56. Allen drei Proben gleich war eine signifikante Ausprägung zu Beginn der Analyse, wobei hier die Dominanz im *Stiegl Goldbräu* mit 63,3% (lt. Rohdaten) am stärksten war und im *Zipfer Urtyp* mit 43,3% (lt. Rohdaten) am geringsten der drei. Von Sekunde 15 bis 30 war in allen drei Proben ein starker Abfall festzustellen, der weitere Verlauf der Malzigkeiten wich voneinander ab, zu Beginn des Nachgeschmacks waren alle drei Proben oberhalb des signifikanten Bereichs, *Stiegl Goldbräu* 53,3%, *Egger Märzen* 36,7%, *Zipfer Urtyp* 36,7% (lt. Rohdaten), in weiterer Folge aber zu einem Abfall der Dominanz darunter, der bis zum Analyseende anhielt.

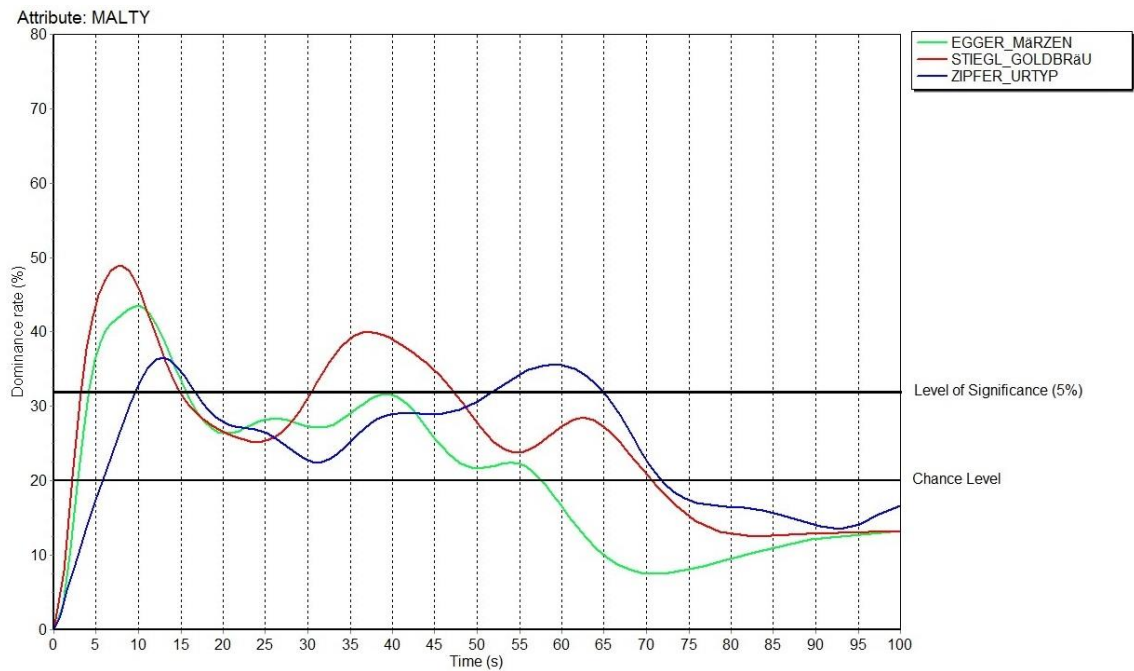


Abbildung 56: TDS-Kurven für die Malzigkeit der alkoholhaltigen Biere

Abbildung 57 zeigt, dass das Attribut Würzeflavour in den alkoholhaltigen Bieren die gesamte Analysedauer unterhalb der Zufallswahrscheinlichkeit lag. Die höchste Dominanz lag bei *Zipfer Urtyp* und *Stiegl Goldbräu* mit jeweils 13,3% DR.

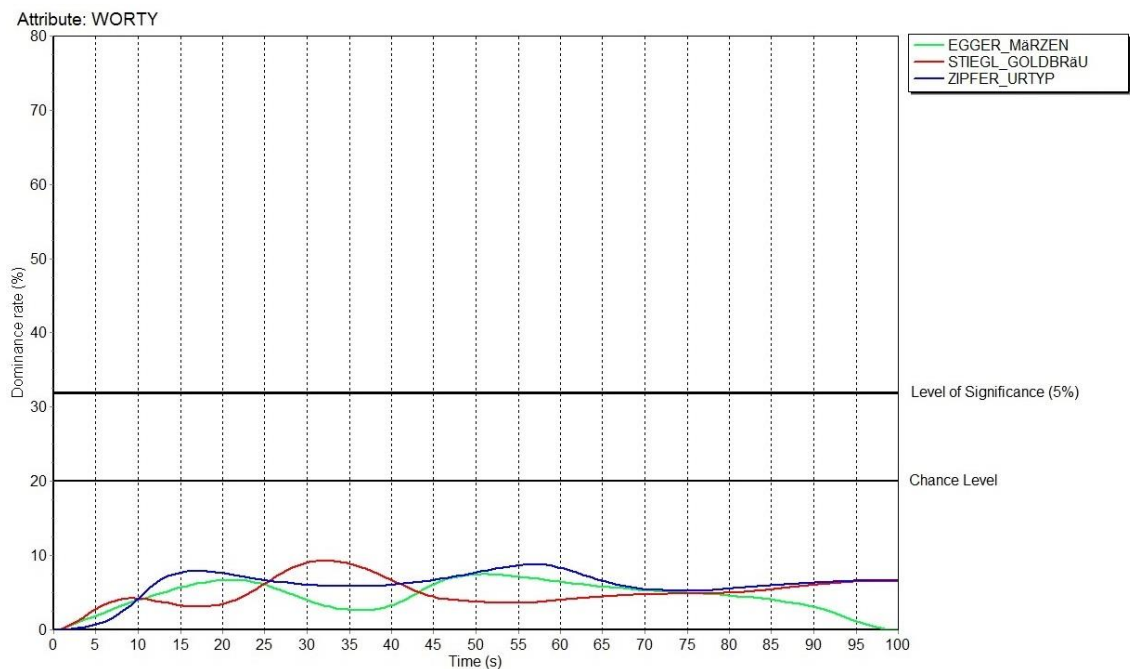


Abbildung 57: TDS-Kurven für das Würzeflavour der alkoholhaltigen Biere

Der direkte Vergleich der Proben *Egger Märzen* (oben) mit *Stiegl Goldbräu* (unten) in Abbildung 58 zeigt, dass in den ersten 20 Sekunden das *Egger Märzen* als adstringierend und bitterer empfunden wurde, das *Stiegl Goldbräu* dagegen zuerst malziger und dann fruchtiger. Ab Sek. 25 war jedoch die Fruchtigkeit in *Egger Märzen* dominanter und das *Stiegl Goldbräu* war eher dominiert von Bitterkeit und anschließend von Malzigkeit, welche eigentlich durchgehend stärker im *Stiegl Goldbräu* empfunden wurden, in welchem ab Sek. 42 auch die Fruchtigkeit wieder stärker ausgeprägt war. In *Egger Märzen* ist schön zu erkennen, dass sich Bitterkeit und Adstringenz in der Phase des Nachgeschmacks (ab Sek. 40) abwechselten und somit diese im Gegensatz zum *Stiegl Goldbräu* dominierten. Ab Sek. 80 alternierte die Bitterkeit und war im *Stiegl Goldbräu* deutlich ausgeprägt, wo hingegen im *Egger Märzen* die Adstringenz in den Vordergrund trat. Das Würzeflavour war nie stark ausgeprägt und bewegte sich nur wenig von der Nulllinie weg.

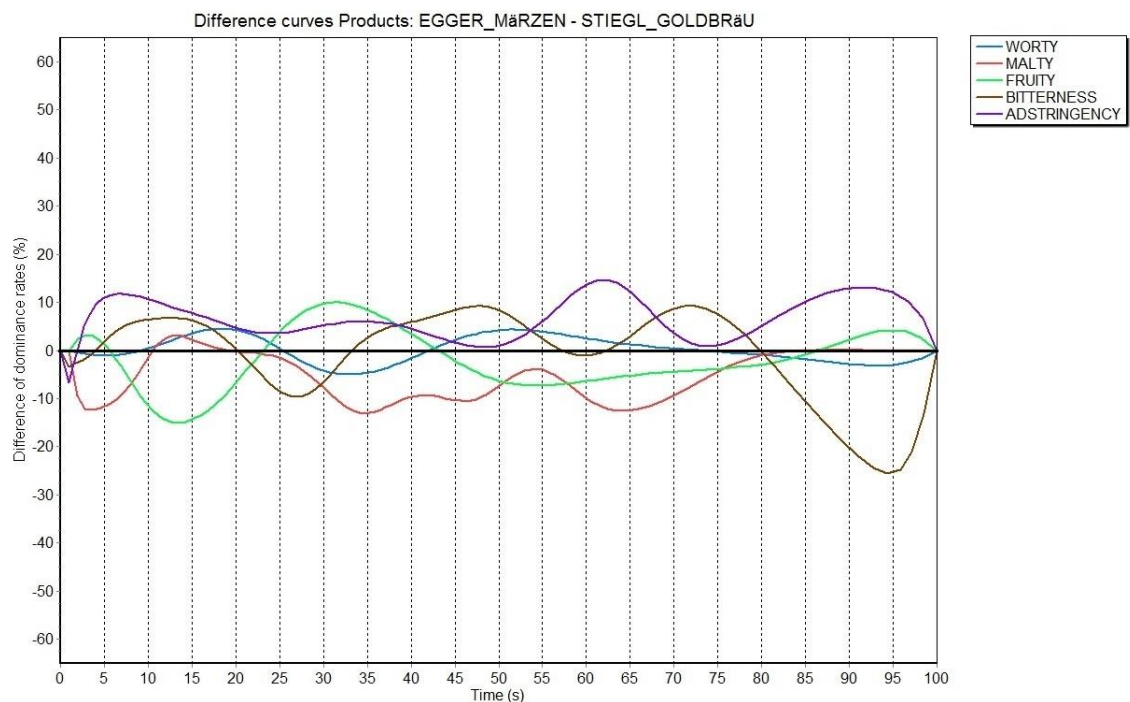


Abbildung 58: Vergleich alkoholhaltiger Biere: Egger Märzen - Stiegl Goldbräu

In Abbildung 59 wird im direkten Vergleich der Proben *Egger Märzen* (oben) mit *Zipfer Urtyp* (unten) erkennbar, dass beide Biere in den ersten 30 Sekunden der Analyse als malzig und bitter empfunden wurden, allerdings wechselten sich die beiden Attribute

ab, *Egger Märzen* ist zuerst malziger und danach bitterer als *Zipfer Urtyp*, das *Zipfer Urtyp* verhielt sich genau umgekehrt. Auch waren in diesem die Adstringenz sowie die Fruchtigkeit deutlich ausgeprägter als im *Egger Märzen*. Im Nachgeschmack (ab Sek. 40) wurde die Adstringenz sowie die Bitterkeit im *Egger Märzen* als vorherrschend empfunden, während das *Zipfer Urtyp* von Malzigkeit charakterisiert war. Erst in den letzten 15 Sek. erschien die Bitterkeit im *Zipfer Urtyp* als stärker ausgeprägt, während das *Egger Märzen* in diesem Zeitraum fruchtiger war. Das Würzeflavour war bei diesen beiden Bieren sehr gering bis gar nicht ausgeprägt.

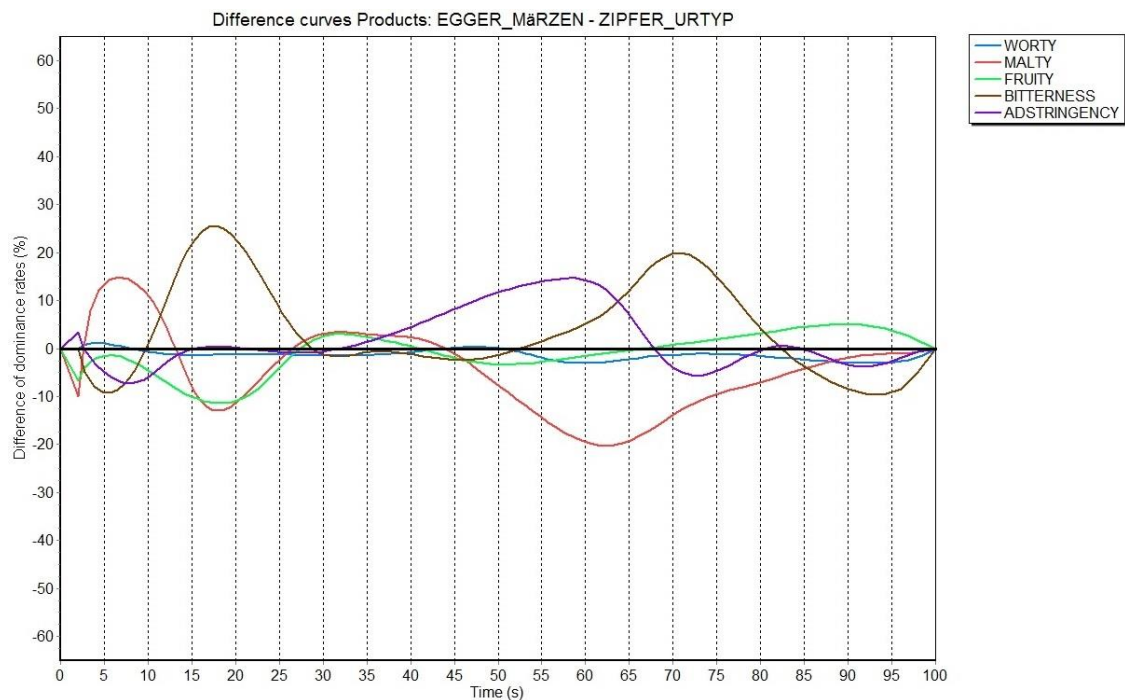


Abbildung 59: Vergleich alkoholhaltiger Biere: Egger Märzen - Zipfer Urtyp

Abbildung 60 zeigt den direkten Vergleich der Proben *Stiegl Goldbräu* (oben) mit *Zipfer Urtyp* (unten). *Stiegl Goldbräu* war zuerst malziger, dann fruchtiger und schließlich bitterer als *Zipfer Urtyp*, während hingegen *Zipfer Urtyp* zuerst vor allem adstringierender und bitterer, sowie ab Sek. 20 auch fruchtiger war. Zum Zeitpunkt des Schluckens der Proben (Sek. 40) war *Stiegl Goldbräu* malziger, *Zipfer Urtyp* bitterer. Im Nachgeschmack war das *Stiegl Goldbräu* zuerst adstringierender und danach durchgehend bitterer sowie fruchtiger als das *Zipfer Urtyp*. Dieses war im Nachgeschmack zuerst von hoher Bitterkeit geprägt, danach von mehr Malzigkeit bzw. Adstringenz als das *Stiegl Goldbräu*.

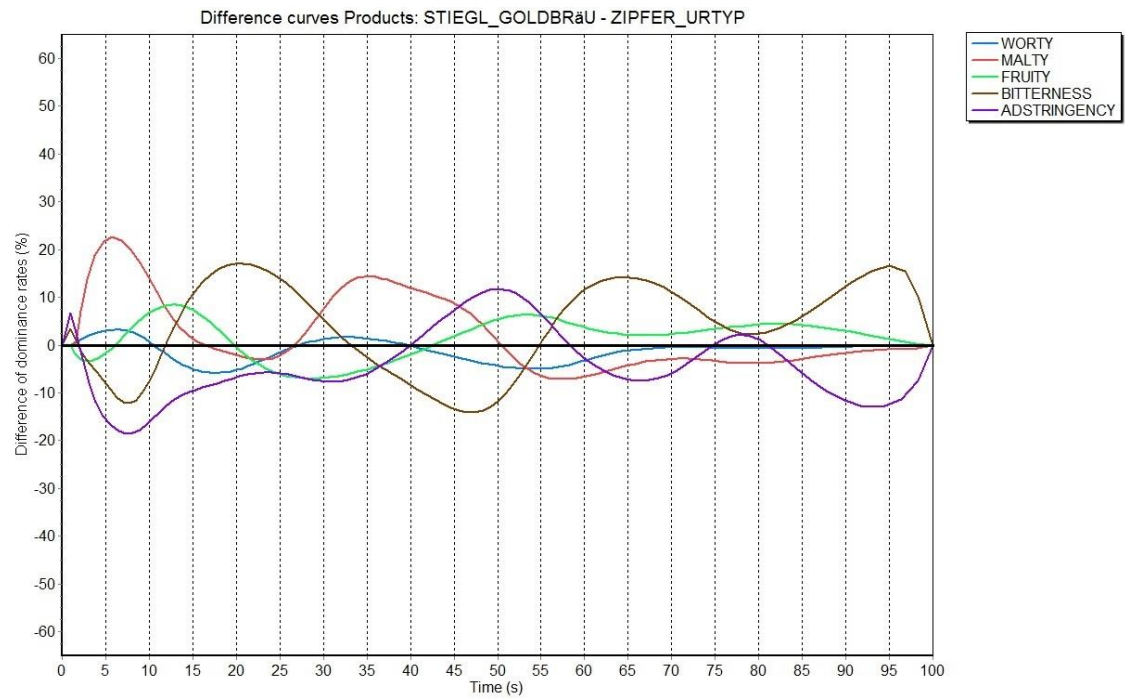


Abbildung 60: Vergleich alkoholhaltiger Biere: Stiegl Goldbräu - Zipfer Urtyp

4.3.2 TDS-Kurven einzelner Attribute der alkoholreduzierten Biere und paarweiser Attributvergleich von zwei alkoholreduzierten Produkten

In Abbildung 61 sind die einzelnen TDS-Kurven der analysierten alkoholreduzierten Biere des Attributs Bitterkeit ersichtlich. Wie zu erkennen ist, nahm die Bitterkeit in allen drei Bieren in der ersten Phase der Analyse bis hin zum Zeitpunkt des Schluckens der Probe (Sek. 40) zu, wobei *Egger Sprizz* mit einer DR von 56,7% (lt Rohdaten) die höchste Dominanz aufwies, *Stiegl Leicht* und *Zipfer 3* lagen beide mit einer max. DR von 43,3% (lt Rohdaten) dahinter. Alle drei Biere zeigten somit in diesem Bereich signifikante ($p < 0,05$) Dominanzen. Nach Sek. 40 fielen die Dominanzen der Bitterkeit in allen drei Proben unter den Signifikanzlevel ab, stiegen aber ab Sek. 50 wieder stark an und erreichten ihre maximalen DR in Sek. 80 bis 90. Diese Bitterkeitspeaks waren allerdings unterschiedlich ausgeprägt, *Stiegl Leicht* hatte den Anstieg schon 10 Sek. vor den anderen beiden Proben und verblieb bis zum Analyseende konstant im Bereich von 45-67% DR (lt. Rohdaten), während *Egger Sprizz* eine Peakspitze mit 67% und *Zipfer 3* eine mit 73% aufwiesen (lt. Rohdaten), danach aber wieder abfallende DR aufwiesen, die jedoch bis zum Analyseende in sig. ($p < 0,05$) Bereich verblieben.

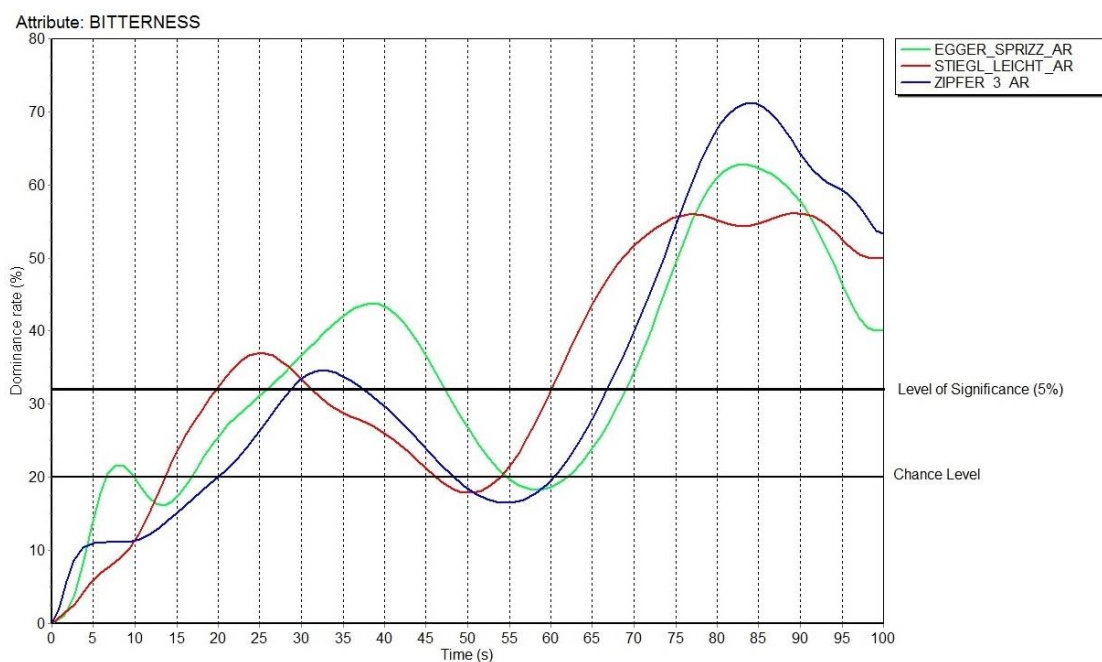


Abbildung 61: TDS-Kurven für die Bitterkeit der alkoholreduzierten Biere

Die DR der Adstringenz der drei alkoholreduzierten Biere verhielten sich nicht immer gleich wie in Abb. 62 zu erkennen ist. Einen deutlichen Anstieg über die Signifikant ($p < 0,05$) um Sek. 10 erreichten nur *Stiegl Leicht* (DR 36,7% lt. Rohdaten) und *Zipfer 3* (DR 33,3% lt. Rohdaten). Diese beiden Proben hatten auch das ausgeprägteste Wellental im Bereich Sek. 20 bis 40, wo im Geschmack die hohen Bitterkeitspeaks auftraten (Abb. 61). Signifikante DR der Adstringenz traten in allen drei Proben wieder im Zeitfenster von Sek. 50 bis 70 auf, in dieser Zeit gingen die Bitterkeiten zurück (Abb. 61). Die max. DR waren bei *Egger Sprizz* und *Zipfer 3* mit 53,3% gleich hoch, bei *Stiegl Leicht* nur bis max. 40% ausgeprägt. Bis zum Analyseende kam es zu einem Abfall der Dominanzen unter den Signifikanzbereich. Auch in den alkoholreduzierten Proben fällt auf, dass sich Bitterkeit und Adstringenz gegengleich zueinander verhielten.

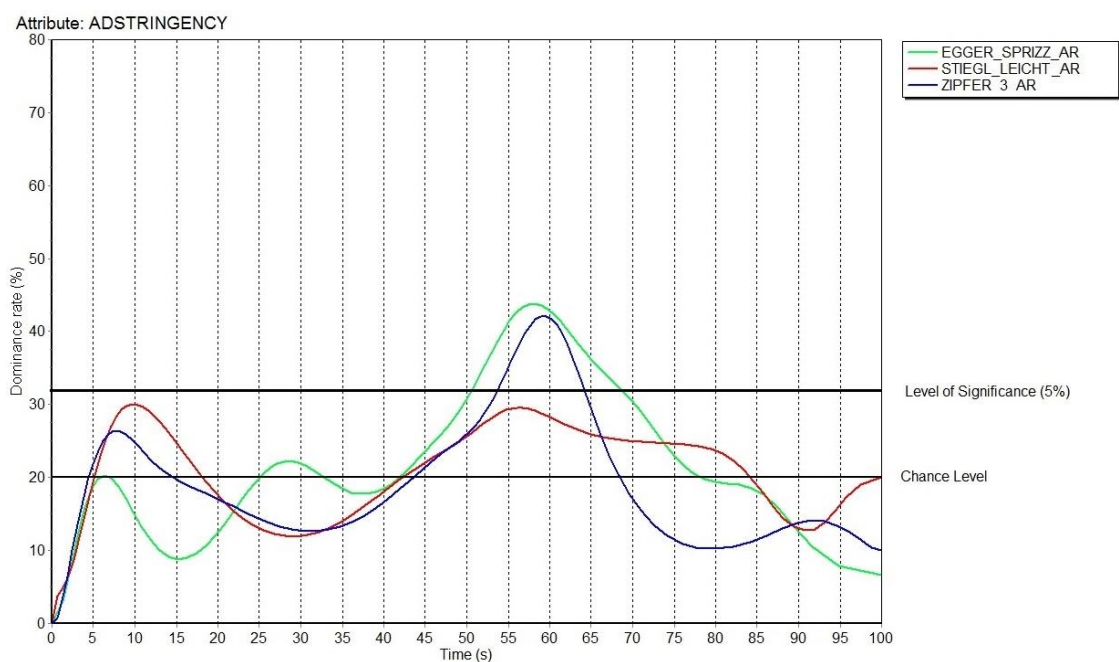


Abbildung 62: TDS-Kurven für die Adstringenz der alkoholreduzierten Biere

Im Vergleich der DR der Fruchtigkeiten der drei analysierten alkoholreduzierten Bieren in Abb. 63. fällt auf, dass in allen drei Proben zu Beginn der Analyse, im Zeitraum Sek. 1 bis 15 eine signifikante ($p < 0,05$) DR festgestellt wurde, die Werte lagen bei *Egger Sprizz* bei einer max. DR von 36,7%, bei *Zipfer 3* bei einer max. DR von 33,3% und bei

Stiegl Leicht bei einer max. DR von 46,7% (alle lt. Rohdaten). Letzteres wies somit die Fruchtigkeit mit der höchsten Dominanz auf. Bis zu Sekunde 60 waren die Verläufe dann unterschiedlich dominant ausgeprägt, *Egger Sprizz* zeigte den stärksten Einbruch in der Dominanz, während *Stiegl Leicht* die höchste Dominanz für Fruchtigkeit aufwies. Im Nachgeschmack bis zum Analyseende erreichte keine Probe mehr den signifikanten ($p < 0,05$) Bereich.

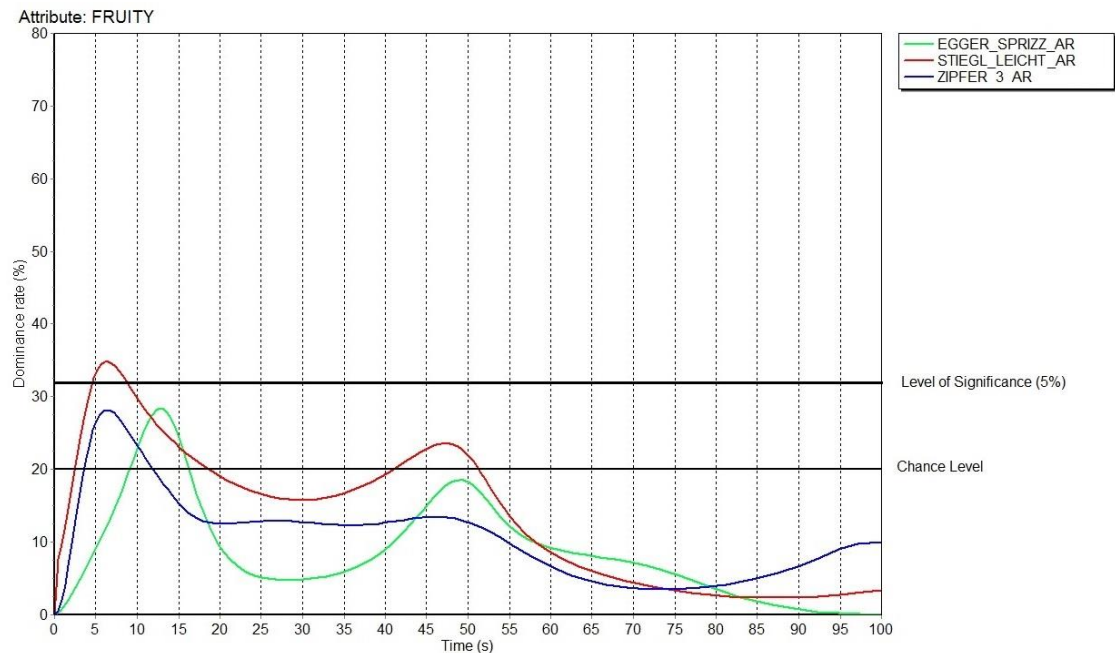


Abbildung 63: TDS-Kurven für die Fruchtigkeit der alkoholreduzierten Biere

Das Attribut Malzigkeit in den drei alkoholreduzierten Bieren verhielt sich sehr unterschiedlich (Abb. 64). Das *Zipfer 3* befand sich bis zu Sek. 40 am meisten der drei Proben im sig. ($p < 0,05$) Bereich (DR max. 43,3% lt Rohdaten), die anderen beiden zeigten jeweils eine Peakausbildung, *Egger Sprizz* hatte eine max. DR von 40%, *Stiegl Leicht* eine max. DR von 46,7%. Diese Peaks waren jedoch stark zeitversetzt, *Stiegl Leicht* hatte die höchste Dominanz erst im Bereich des Nachgeschmacks (ab Sek. 40). Gemeinsam war den drei alkoholreduzierten Proben in Bezug auf das Attribut Malzigkeit nur, dass die Dominanzraten in den letzten 15 Sekunden der Analyse nur noch geringe DR-Werte aufwiesen, wobei der Abfall der Kurven bei *Egger Sprizz* am frühesten und bei *Zipfer 3* am spätesten einsetzte.

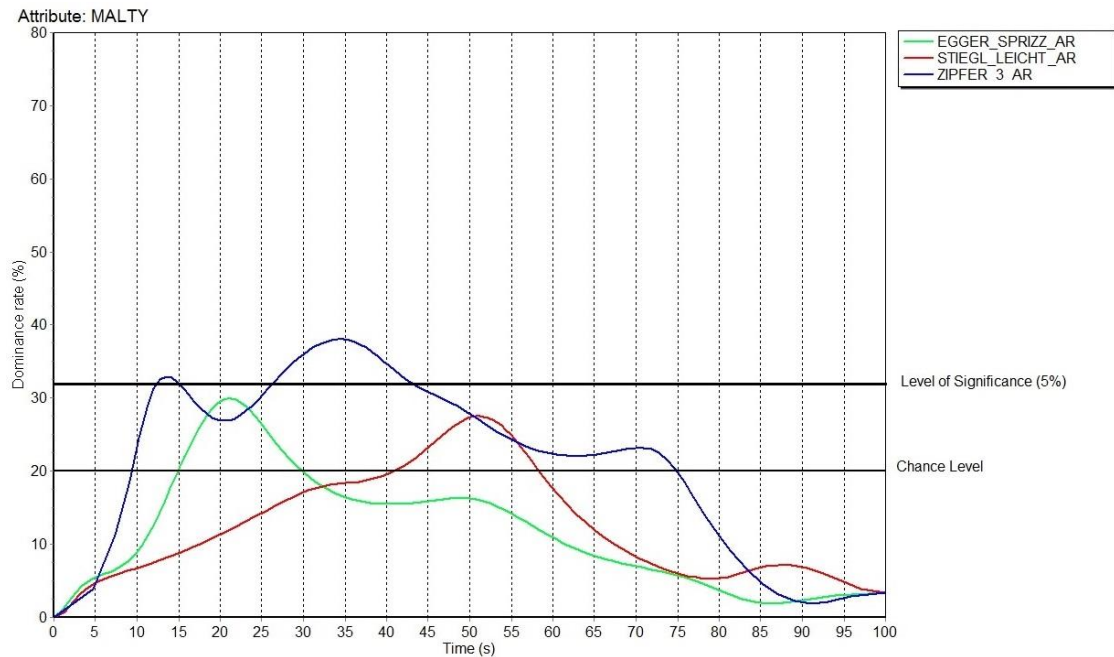


Abbildung 64: TDS-Kurven für die Malzigkeit der alkoholreduzierten Biere

Abb. 65 präsentiert die TDS-Kurven für das Würzefflavour der drei alkoholreduzierten Biere. Diese TDS-Kurven zeigen, dass die Dominanzausprägung des Würzefflaviours bis zum Zeitpunkt des Schluckens der Probe (Sek. 40) unterschiedlich war. So hatte das *Egger Sprizz* mit der DR max. von 43,3% (lt. Rohdaten) eine Dominanz im signifikanten ($p < 0,05$) Bereich, ebenso das *Stiegl Leicht* mit der DR max. von 36,7% (lt. Rohdaten), allerdings deutlich zeitversetzt, das *Zipfer 3* dagegen hatte in diesem Zeitraum keine signifikante Ausprägung in der Dominanz des Würzefflaviours. Ab Sek. 50 verhielten sich alle drei analysierten Biere ungefähr gleich, *Stiegl Leicht* und *Zipfer 3* waren um die Sek. 60 für einen kurzen Zeitraum mit jeweils 33,3% DR knapp im signifikanten ($p < 0,05$) Bereich, gegen Analyseende bewegten sich alle drei Produkte unterhalb der Signifikanz.

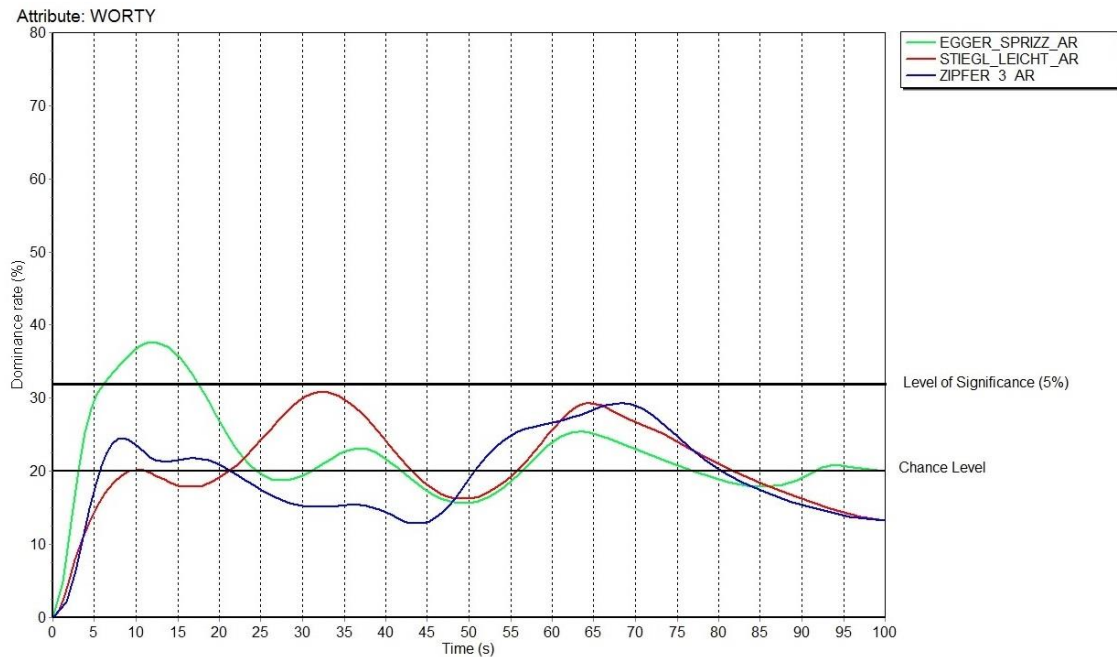


Abbildung 65: TDS-Kurven für das Würze flavour der alkoholreduzierten Biere

Abbildung 66 stellt den direkten Vergleich der beiden alkoholreduzierten Biere *Egger Sprizz* (oben) mit *Stiegl Leicht* (unten) dar. *Egger Sprizz* war zu Beginn deutlich mehr geprägt vom Würze flavour während *Stiegl Leicht* zuerst fruchtiger und danach adstringierender und dann für ein paar Sekunden bitterer wahrgenommen wurde. Ab Sek. 20 zeigte *Egger Sprizz* deutlich mehr Malzigkeit, gefolgt von Adstringenz und schließlich bis zu Sekunde 50 eine Phase von deutlicher Bitterkeit im Gegensatz zu *Stiegl Leicht*, welches in diesem Zeitraum deutlich fruchtiger und malziger als sein Gegenüber war. Ab Sekunde 50 waren die größten Unterschiede der beiden Vergleichsproben in Adstringenz und Bitterkeit festzustellen, Adstringenz zeichnete das *Egger Sprizz* aus, Bitterkeit das *Stiegl Leicht*. Ab Sekunde 80 hatte die Bitterkeit wieder mehr Bedeutung im *Egger Sprizz*, abschließend das Würze flavour, während im *Stiegl Leicht* Malzigkeit und Adstringenz deutlicher ausgeprägt waren als in dessen Gegenüber.

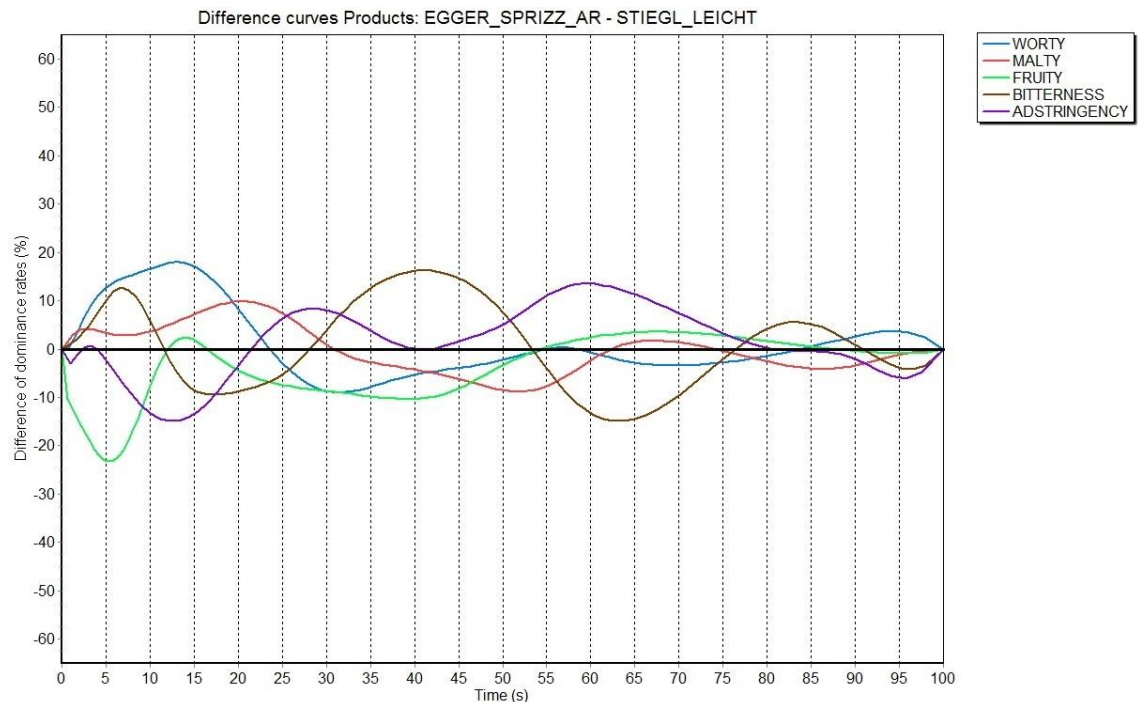


Abbildung 66: Vergleich alkoholreduzierter Biere: Egger Sprizz - Stiegl Leicht

Der Vergleich von *Egger Sprizz* (oben) mit *Zipfer 3* (unten) zeigt in Abb. 67, dass *Egger Sprizz* bis zur Sek. 20 als dominierender im Würze flavour beurteilt wurde, während in diesem Zeitraum das *Zipfer 3* vor allem in Bitterkeit, Fruchtigkeit und Malzigkeit dominanter war. Im *Egger Sprizz* kam es ab Sek. 25 zu einer deutlich dominanteren Ausprägung von Adstringenz, gefolgt von Bitterkeit und einer neuerlich langen Phase, in der die Adstringenz stärker ausgeprägt war als im *Zipfer 3*. Dieses war vor allem dominant malziger und zum Ende der Analyse bitterer als das *Egger Sprizz*.

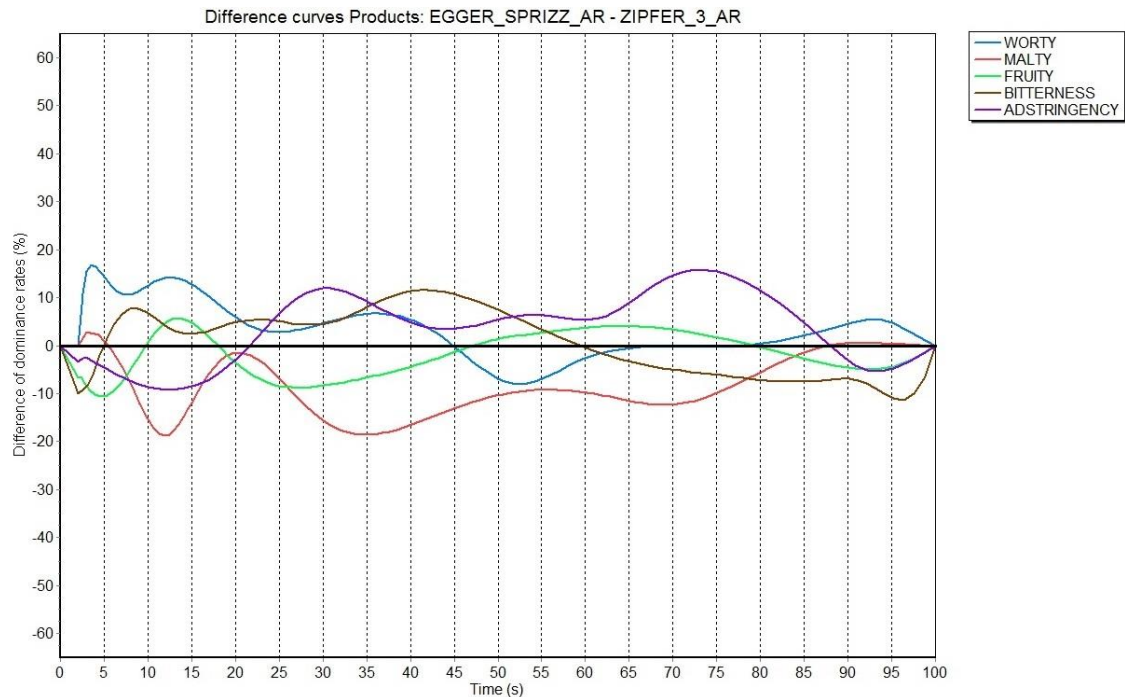


Abbildung 67: Vergleich alkoholreduzierter Biere: Egger Sprizz - Zipfer 3

Abb. 68 zeigt den Vergleich von *Stiegl Leicht* (oben) mit *Zipfer 3* (unten). Bis zum Zeitpunkt des Schluckens der Probe (Sek 40) war *Stiegl Leicht* dominant fruchtiger, bitterer und wies mehr Würze flavour auf als das *Zipfer 3*, welches sich bis zu diesem Zeitpunkt vor allem durch eine deutlich dominante Malzigkeit vom *Stiegl Leicht* unterschied. Dieses Würze flavour war ab Sek. 50 in *Zipfer 3* ausgeprägter, gefolgt von einer dominant malzigeren und zum Abschluss der Analyse bittereren Phase als das *Stiegl Leicht*, welches sich im Nachgeschmack zu Beginn bitterer, dann adstringierender und malziger präsentierte als das *Zipfer 3*.

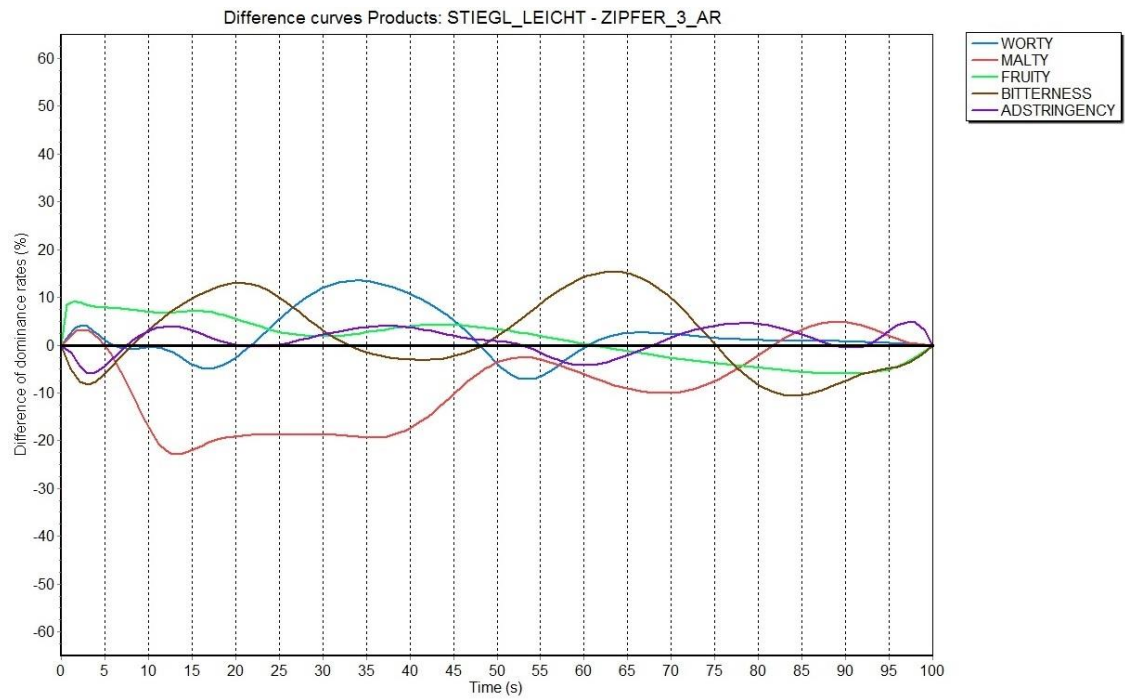


Abbildung 68: Vergleich alkoholreduzierter Biere: Stiegl Leicht - Zipfer 3

4.3.3 TDS-Kurven einzelner Attribute der alkoholfreien Biere und paarweiser Attributvergleich von zwei alkoholfreien Produkten

Die in Abb. 69 abgebildeten TDS-Kurven sind die Bitterkeits-Dominanzen für die alkoholfreien Biere, die getestet wurden. *Egger Zisch* hatte bis zur Sekunde 40 (Zeitpunkt Schlucken der Probe) die stärkste signifikante ($p < 0,05$) Dominanz mit einer DR von 43,3% (lt. Rohdaten), *Zipfer Hell* war zu diesem Zeitpunkt (Sek. 43) auch knapp im signifikanten ($p < 0,05$) Bereich mit 33,3% DR (lt. Rohdaten). Nach dem Schlucken zeigten diese beiden Proben einen Verlust der Signifikanz. Anders verhielt sich das *Stiegl Freibier*, dieses war während die Probe im Mund behalten wurde zu keinem Zeitpunkt sig. ($p < 0,05$) dominant. Erst der Anstieg der DR im Nachgeschmack zeigte Parallelen unter den Proben, wobei zeitliche Unterschiede vorhanden waren. *Egger Zisch* hatte den frühesten Anstieg und erreichte mit 66,7% (lt. Rohdaten) die höchste DR. *Stiegl Freibier* und *Zipfer Hell* stiegen erst 15 bis 20 Sekunden später in der DR stark an und erreichten beide eine max. DR von 56,7% (lt. Rohdaten). Die DR für Bitterkeit blieben bis zum Analyseende bei allen drei Bieren im signifikanten ($p < 0,05$) Bereich.

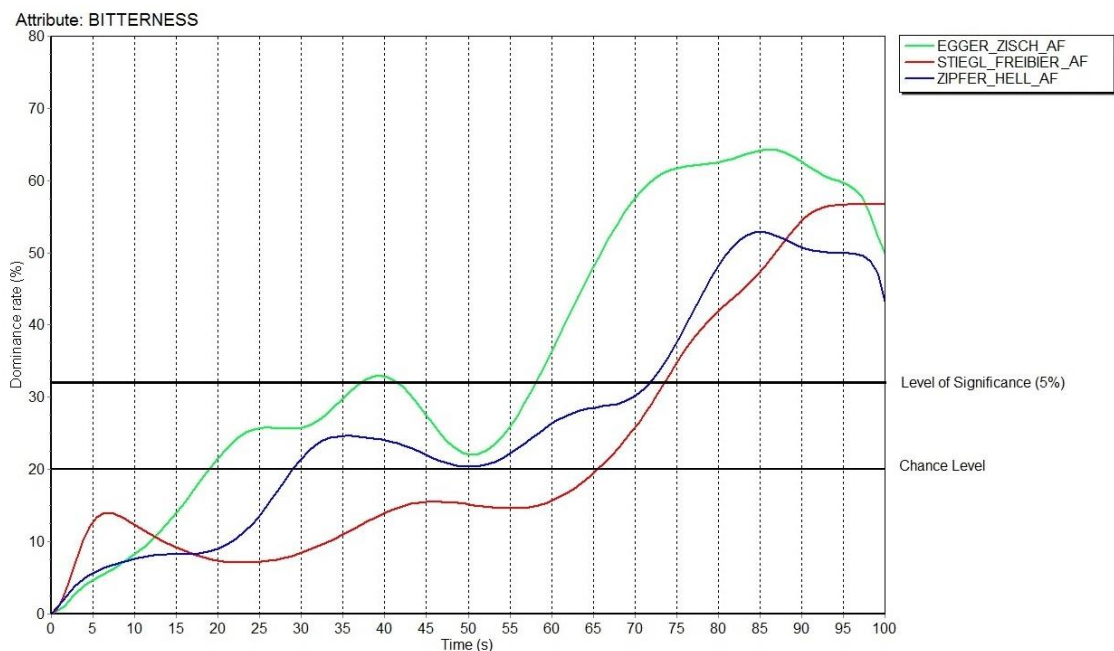


Abbildung 69: TDS-Kurven für die Bitterkeit der alkoholfreien Biere

Die TDS-Kurven für die Adstringenz (Abb. 70) zeigen deutliche Unterschiede in den getesteten alkoholfreien Bieren. *Zipfer Hell* hatte in den Sek. 12 bis 15 einen deutlichen

Peak mit sig. ($p < 0,05$) DR bis zu 40% (lt. Rohdaten), während *Stiegl Freibier* und *Egger Zisch* diese Dominanz nicht aufwiesen. Im Letzteren blieb die Adstringenz während der gesamten Analyse unterhalb des Signifikanzlevels. Im *Zipfer Hell* und *Stiegl Freibier* stieg die Adstringenz nach Sekunde 40 wieder in der Dominanz an, doch nur das *Stiegl Freibier* befand sich mit einer DR von 40% (lt. Rohdaten) kurz im sig. ($p < 0,05$) Bereich. Die Adstringenz im *Stiegl Freibier* blieb bis zum Analyseende knapp unterhalb des Signifikanzlevels, während diese dagegen im *Zipfer Hell* und *Egger Zisch* stark an Dominanz verlor. Dennoch verhielten sich die TDS-Kurven der Adstringenz wieder ungefähr gegengleich mit den TDS-Kurven der Bitterkeit (Abb. 69).

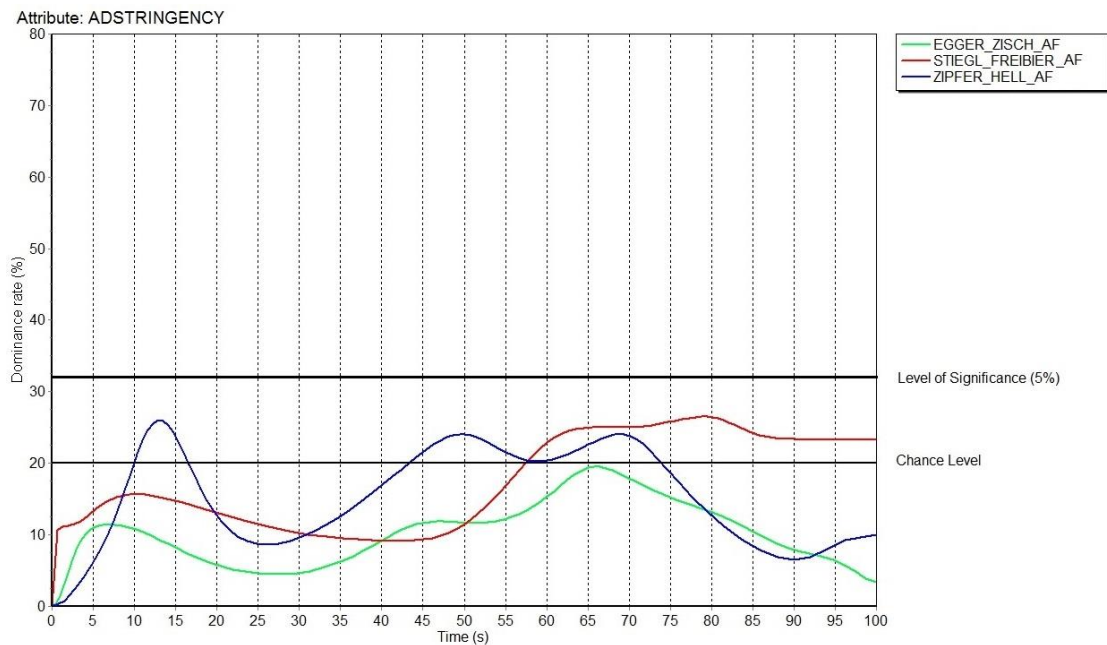


Abbildung 70: TDS-Kurven für die Adstringenz der alkoholfreien Biere

Die Fruchtigkeits-DR der drei untersuchten alkoholfreien Biere in Abbildung 71 stiegen alle drei zu Beginn der Analyse in ihrer Dominanz an, allerdings erreichte nur das *Stiegl Freibier* einen Wert oberhalb des Signifikanzlevels ($p < 0,05$) mit einer DR von 36,7% (lt. Rohdaten) in Sek. 23 bis 26. Mit fortschreitender Analysedauer war die Fruchtigkeit der alkoholfreien Biere immer weniger dominant, in Sek. 60 hatte *Stiegl Freibier* zwar noch einen Peak, dieser blieb jedoch unterhalb des Signifikanzlevels. Die Fruchtigkeit in *Egger Zisch* und *Zipfer Hell* blieb während der gesamten Bewertung unterhalb des Signifikanzlevels.

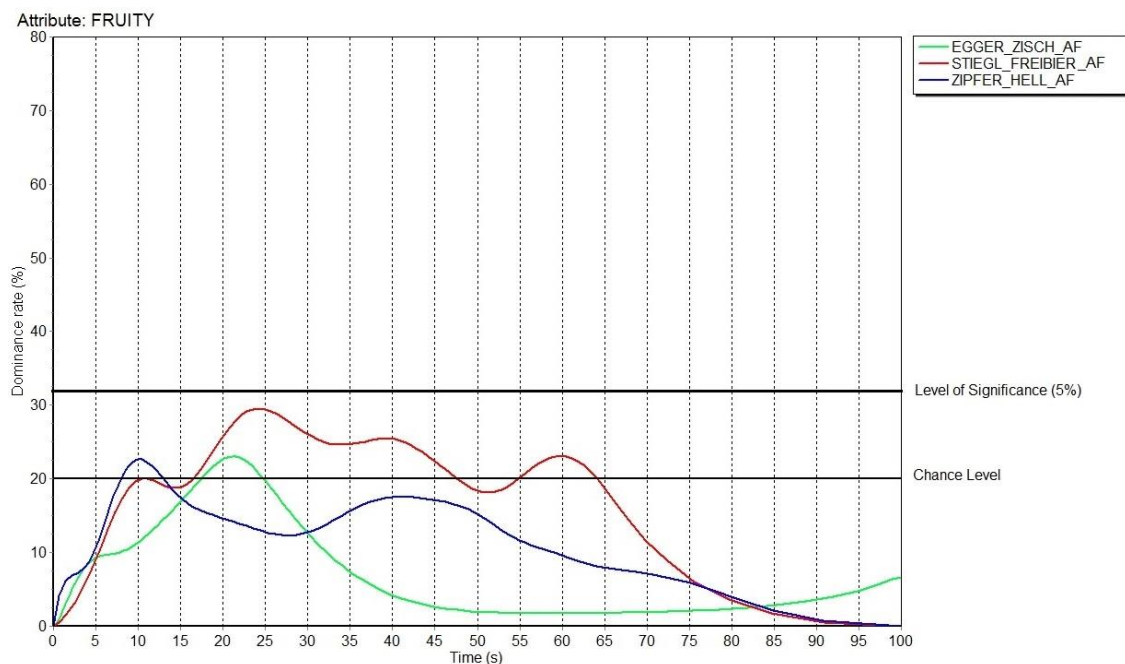


Abbildung 71: TDS-Kurven für die Fruchtigkeit der alkoholfreien Biere

In Abb. 72 sind die Dominantraten der Malzigkeit der analysierten alkoholfreien Biere zu erkennen. Zu Beginn der Analyse verhielten sich alle drei Biere unterschiedlich, sowohl in der DR als auch in der Zeit der Ausprägung. *Egger Zisch* erreichte schließlich die höchsten DR für die Malzigkeit und blieb von Sek. 24 bis, abgesehen von einem kleinen Einbruch in Bereich des Schluckens der Probe (Sek. 40) bis Sek. 62 in signifikanten ($p < 0,05$) Bereich mit DR max. 56,7% (lt. Rohdaten). Das *Stiegl Freibier* verhielt sich ähnlich, auch in diesem Bier stieg die Malzigkeit an und erreichte ab Sek. 30 sig. ($p < 0,05$) Werte, hatte einen kleinen Einbruch bei Sek. 40 und verlor seine sig. Ausprägung erst ab Sek. 60. Die DR max. lag bei 53,3% (lt. Rohdaten). Anders war das *Zipfer Hell*, dieses zeigte seine maximalen DR für Malzigkeit bei Sek. 24 bis 25 mit 36,7% (lt. Rohdaten), alle Dominanzen nach diesem Peak waren nicht mehr signifikant. Gegen Ende der Analyse nahmen die Dominanzen in allen drei alkoholfreien Proben ab.

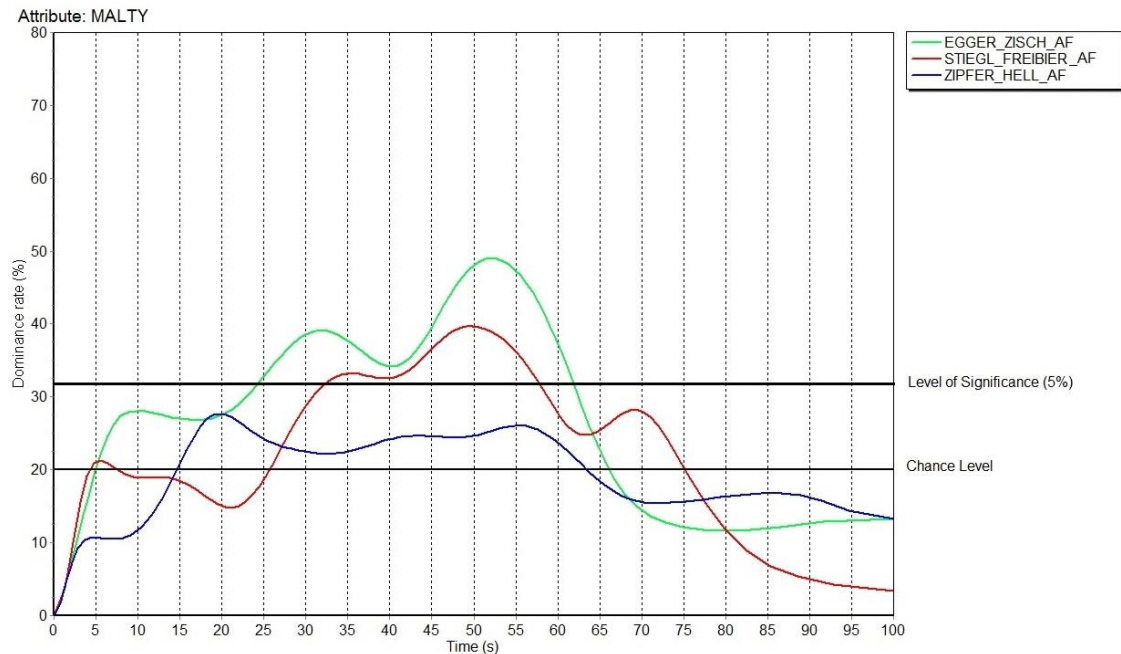


Abbildung 72: TDS-Kurven für die Malzigkeit der alkoholfreien Biere

Abbildung 73. stellt die TDS-Kurven für das Würzefflavour in den alkoholfreien Bieren dar. In diesem Diagramm ist ersichtlich, dass die Dominanzen in allen drei analysierten Proben zu Analysebeginn stark in die Höhe schnellten, alle im signifikanten ($p < 0,05$) Bereich, der Verlauf und die Aufprägung der Dominanzen war jedoch verschieden. *Egger Zisch* hatte eine Spitze bei 56,7% (lt. Rohdaten) und war zeitlich am wenigsten lange dominant. *Zipfer Hell* und *Stiegl Freibier* hatten die gleiche signifikante Zeitspanne (Sek. 5 bis 33), jedoch bildete *Stiegl Freibier* mit konstanten Werten um 40 bis max. 50% (lt. Rohdaten) eine Ebene, während *Zipfer Hell* stark in den Werten schwankte, zwischen DR-Werten von 33,3% bis 63,3% (lt. Rohdaten). Zum Zeitpunkt des Schluckens der Probe (Sek. 40) waren die DR für das Würzefflavour alle unter der Signifikanz. Im Nachgeschmack unterschied sich das *Egger Zisch* von den anderen beiden Produkten, während *Egger Zisch* an Dominanz verlor, nahm in *Stiegl Freibier* und im *Zipfer Hell* die DR im Bereich von Sek. 80 wieder zu, doch nur das *Zipfer Hell* hatte noch einen sig. ($p < 0,05$) Wert für Würzefflavour bei Sek 79 mit DR von 36,7% (lt. Rohdaten).

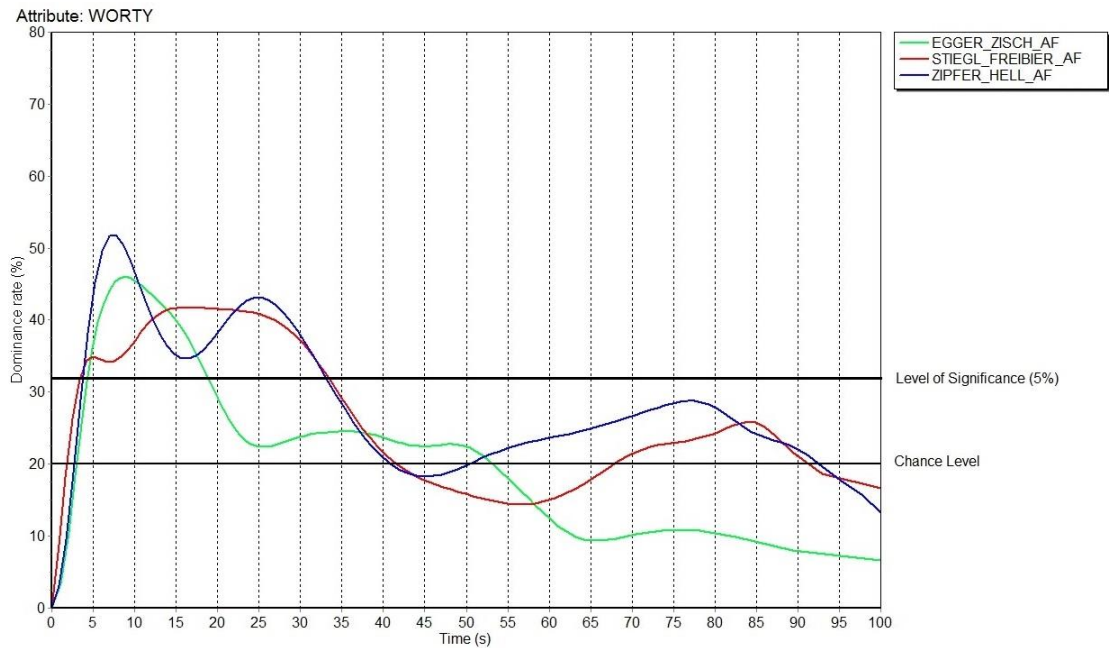


Abbildung 73: TDS-Kurven für das Würzeffavour der alkoholfreien Biere

Abbildung 74 zeigt den direkten Vergleich der Attribute der beiden alkoholfreien Biere *Egger Zisch* (oben) und *Stiegl Freibier* (unten). Zu erkennen ist, dass zu Analysebeginn sich beide durch die Ausprägung des Würzeffavours zu unterschiedlichen Zeitpunkten unterschieden, zugleich war das *Egger Zisch* malziger im Vergleich zu *Stiegl Freibier*, dieses war mehr von Adstringenz und Bitterkeit geprägt. Ab Sek. 20 zeigte sich das *Egger Zisch* als deutlich bitterer und auch malziger als sein Gegenüber, die vermehrte Bitterkeit zeichnete dieses Bier bis zum Analyseende aus. Das *Stiegl Freibier* hingegen war deutlich fruchtiger als das *Egger Zisch*, zu Beginn und zum Ende der Analyse zeigte es deutlich mehr Würzeffavour und Adstringenz als das *Egger Zisch*.

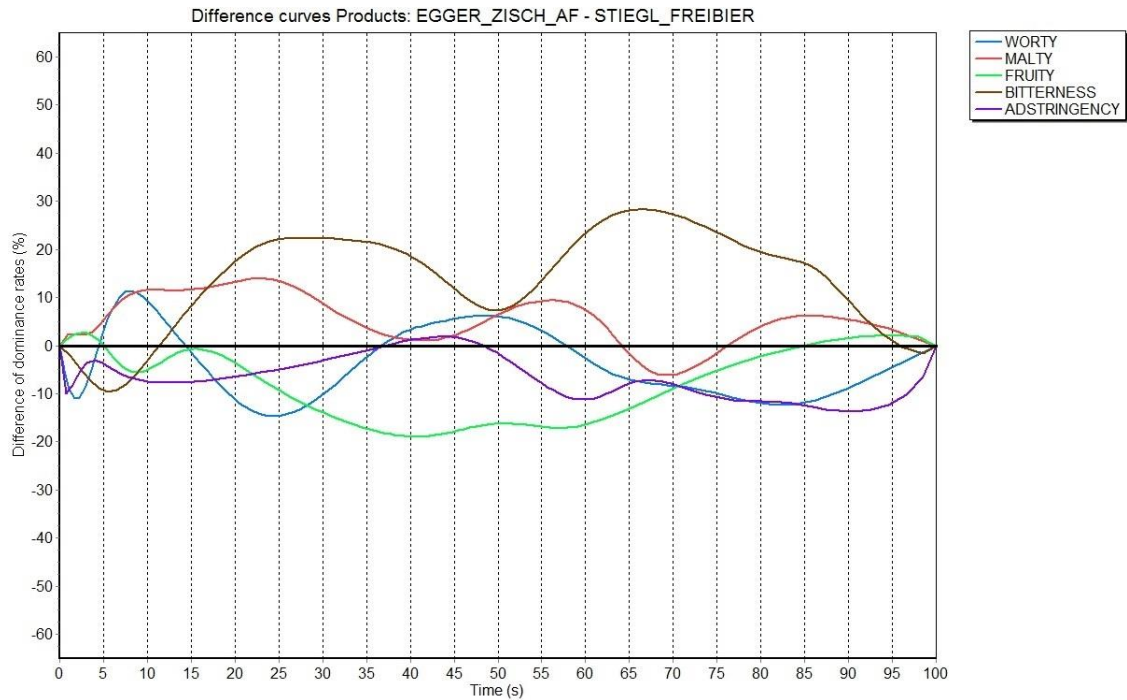


Abbildung 74: Vergleich alkoholfreie Biere: Egger Zisch - Stiegl Freibier

Der direkte Vergleich von *Egger Zisch* (oben) und *Zipfer Hell* (unten) in Abb. 75. zeigt eindeutig, dass *Egger Zisch* eigentlich Großteils als bitterer und malziger als das *Zipfer Hell* empfunden wurde. Dieses war abwechselnd fruchtiger, würziger und adstringierender als das *Egger Zisch*, sowohl im Flavour als auch im Nachgeschmack.

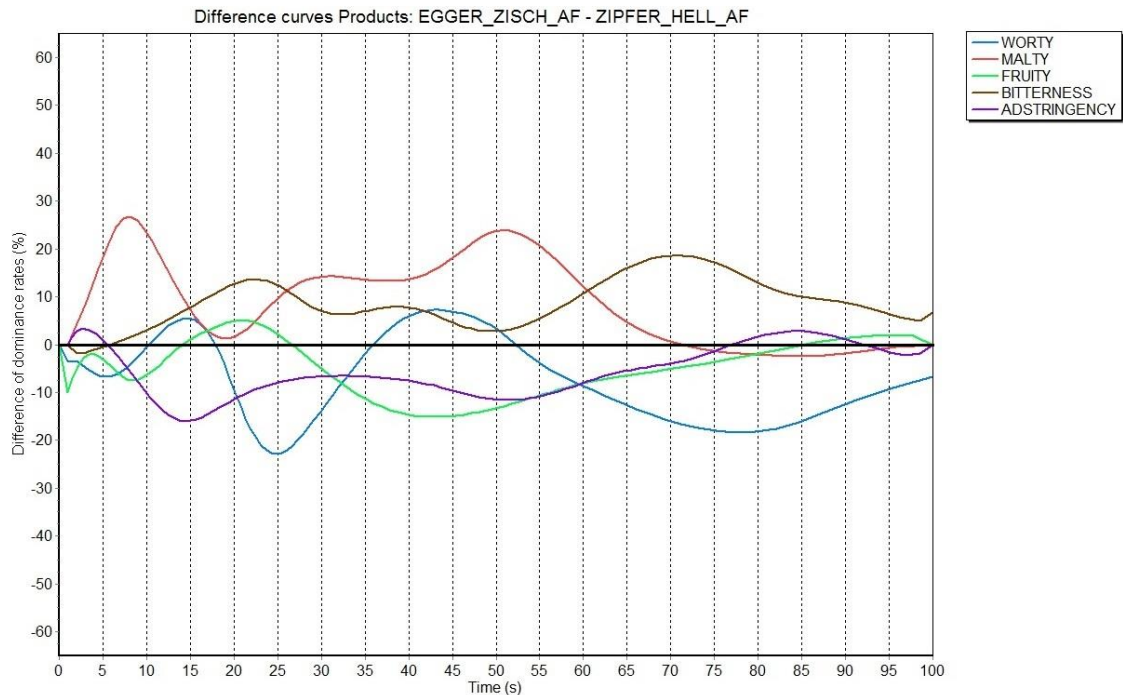


Abbildung 75: Vergleich alkoholfreie Biere: Egger Zisch - Zipfer Hell

Abbildung 76 zeigt den direkten Vergleich der beiden alkoholfreien Biere *Stiegl Freibier* (oben) und *Zipfer Hell* (unten). In den ersten 15 Sekunden war *Stiegl Freibier* adstringierender und malziger als *Zipfer Hell*, dieses zeichnete sich hingegen durch Fruchtigkeit und deutlich mehr Würze flavour aus. Ab Sek. 15 dominierte in *Stiegl Freibier* im Gegensatz zu *Zipfer Hell* die Fruchtigkeit und die Malzigkeit, *Zipfer Hell* war nur von Sek. 15 bis 25 malziger, dann bitterer. Adstringierender und wieder bitterer bzw. dominiert von Würze flavour. Ab Sek. 75 war dann *Stiegl Freibier* deutlich adstringierender und gegen Abschluss der Analyse bitterer, während *Zipfer Hell* im letzten Abschnitt malziger war.

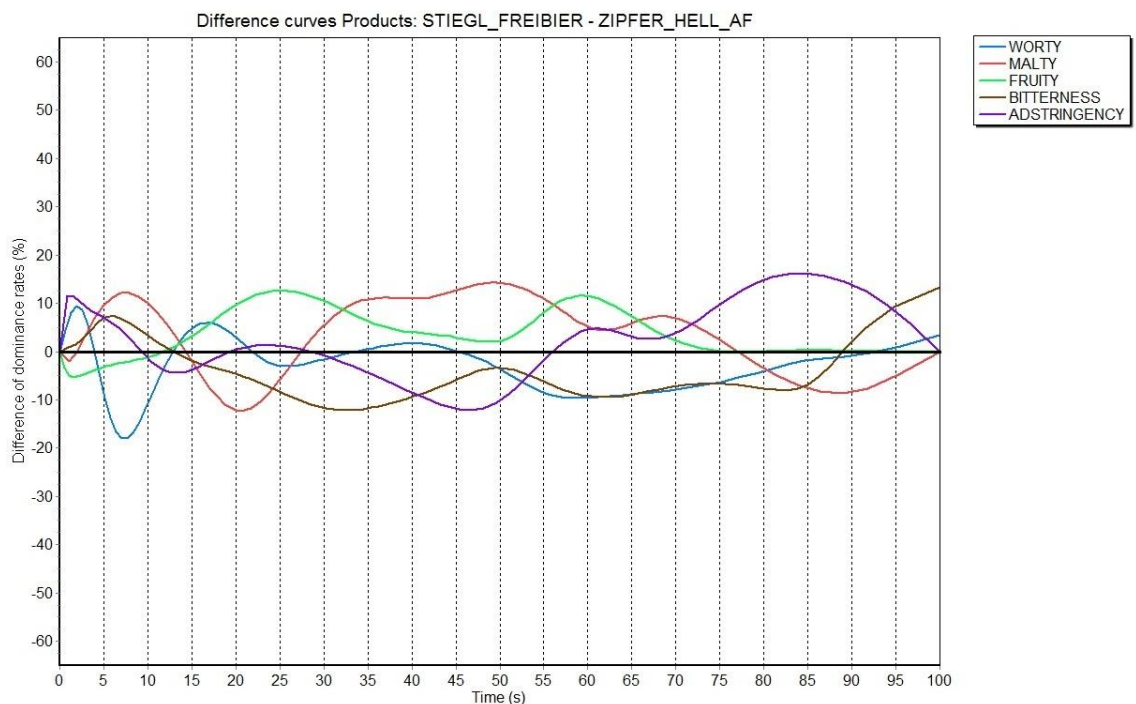


Abbildung 76: Vergleich alkoholfreie Biere: Stiegl Freibier - Zipfer Hell

4.4 Statistische Auswertung der Gesamtdauer (Duration) des Attributs „Würze flavour (WORTY)“

Die Gesamtdauer (Dominance Duration), in welcher das Worty-Off-Flavour in den einzelnen analysierten Proben als dominant empfunden wurde, wurde innerhalb der Produktmarken auf signifikante Unterschiede abhängig vom Ethanolgehalt der einzelnen Proben überprüft.

Diese Überprüfung der Einzelwerte, die aus dem FIZZ-Sensoriksoftwareprogramm entnommen wurden, wurden mithilfe eines Allgemeinen Linearen Modells (ALM) univariat inklusive Post Hoc Test (um die signifikanten Unterschiede aufzuzeigen) und Bonferroni-Korrektur (Vermeidung einer α -Fehler Kumulierung) auf signifikante Mittelwertunterschiede ($p < 0,05$) im SPSS-Statistikprogramm untersucht.

4.4.1 Vergleich der Egger Biere

Der Post Hoc Test der *Egger* Biere für die „Dominance Duration“ des Attributs Würze flavour (WORTY) in Abb. 77 zeigte, dass die Unterschiede zwischen *Egger Märzen* (AH) und *Egger Sprizz* (AR) sowie zwischen *Egger Märzen* (AH) und *Egger Zisch* (AF) signifikant ($p < 0,05$) waren. Ein sig. ($p > 0,05$) Unterschied zwischen *Egger Sprizz* (AR) und *Egger Zisch* (AF) in der Duration der Dominanz des Würze flavours konnte nicht festgestellt werden.

Tabelle 6: Post Hoc Test der Egger Biere für die Duration des Attributs Würze flavour

Multiple Comparisons						
Abhängige Variable: Worty						
Bonferroni						
(I) Bierprobe	(J) Bierprobe	Mittlere Differenz (I-J)	Standardfehler	Sig.	95%-Konfidenzintervall	
					Untergrenze	Obergrenze
EGGER_MärZEN	EGGER_SPRIZZ_AR	-15,8667*	4,22862	,001	-26,1894	-5,5440
	EGGER_ZISCH_AF	-14,7667*	4,22862	,002	-25,0894	-4,4440
EGGER_SPRIZZ_AR	EGGER_MärZEN	15,8667*	4,22862	,001	5,5440	26,1894
	EGGER_ZISCH_AF	1,1000	4,22862	1,000	-9,2227	11,4227
EGGER_ZISCH_AF	EGGER_MärZEN	14,7667*	4,22862	,002	4,4440	25,0894
	EGGER_SPRIZZ_AR	-1,1000	4,22862	1,000	-11,4227	9,2227

Grundlage: beobachtete Mittelwerte.

Der Fehlerterm ist Mittel der Quadrate(Fehler) = 268,218.

*. Die mittlere Differenz ist auf dem ,05-Niveau signifikant.

4.4.2 Vergleiche der Stiegl Biere

Der Post Hoc Test der *Stiegl* Biere für die „Dominance Duration“ des Attributs Würze flavour (WORTY) in Abb. 78 zeigte, dass die Unterschiede zwischen *Stiegl Goldbräu* (AH) und *Stiegl Leicht* (AR) sowie zwischen *Stiegl Goldbräu* (AH) und *Stiegl Freibier* (AF) signifikant ($p < 0,05$) waren. Ein sig. ($p < 0,05$) Unterschied der Duration zwischen *Stiegl Leicht* (AR) und *Stiegl Freibier* (AF) in der Dominanz des Würze flavours konnte nicht festgestellt werden.

Tabelle 7: Post Hoc Test der Stiegl Biere für die Duration des Attributs Würze flavour

Multiple Comparisons

Abhängige Variable: Worty
Bonferroni

(I) Bierprobe	(J) Bierprobe	Mittlere Differenz (I-J)	Standardfehler	Sig.	95%-Konfidenzintervall	
					Untergrenze	Obergrenze
STIEGL_FREIBIER	STIEGL_GOLDBRÄU	19,8667 [*]	4,79073	,000	8,1718	31,5616
	STIEGL_LEICHT	5,4333	4,79073	,780	-6,2616	17,1282
STIEGL_GOLDBRÄU	STIEGL_FREIBIER	-19,8667 [*]	4,79073	,000	-31,5616	-8,1718
	STIEGL_LEICHT	-14,4333 [*]	4,79073	,010	-26,1282	-2,7384
STIEGL_LEICHT	STIEGL_FREIBIER	-5,4333	4,79073	,780	-17,1282	6,2616
	STIEGL_GOLDBRÄU	14,4333 [*]	4,79073	,010	2,7384	26,1282

Grundlage: beobachtete Mittelwerte.

Der Fehlerterm ist Mittel der Quadrate(Fehler) = 344,267.

*. Die mittlere Differenz ist auf dem ,05-Niveau signifikant.

4.4.3 Vergleich der Zipfer Biere

Der Post Hoc Test der *Zipfer* Biere für die „Dominance Duration“ des Attributs Würze flavour (WORTY) in Abb. 78 zeigte, dass die Unterschiede zwischen *Zipfer Urtyp* (AH) und *Zipfer Hell* (AF) signifikant ($p < 0,05$) waren. Es zeigte sich jedoch sonst kein sig ($p < 0,05$) Unterschied zwischen *Zipfer Urtyp* (AH) und *Zipfer 3* (AR). Ein sig ($p < 0,05$) Unterschied zwischen *Zipfer 3* (AR) und *Zipfer Hell* (AF) in der Duration der Dominanz des Würze flavours konnte ebenfalls nicht festgestellt werden.

Tabelle 8: Post Hoc Test der Zipfer Biere für die Duration des Attributs Würze flavour

Multiple Comparisons

Abhängige Variable: Worty

Bonferroni

(I) Bierprobe	(J) Bierprobe	Mittlere Differenz (I-J)	Standardfehler	Sig.	95%-Konfidenzintervall	
					Untergrenze	Obergrenze
ZIPFER_3_AR	ZIPFER_HELL_AF	-9,1667	5,31775	,265	-22,1481	3,8148
	ZIPFER_URTYP	12,3000	5,31775	,069	-,6814	25,2814
ZIPFER_HELL_AF	ZIPFER_3_AR	9,1667	5,31775	,265	-3,8148	22,1481
	ZIPFER_URTYP	21,4667*	5,31775	,000	8,4852	34,4481
ZIPFER_URTYP	ZIPFER_3_AR	-12,3000	5,31775	,069	-25,2814	,6814
	ZIPFER_HELL_AF	-21,4667*	5,31775	,000	-34,4481	-8,4852

Grundlage: beobachtete Mittelwerte.

Der Fehlerterm ist Mittel der Quadrate(Fehler) = 424,177.

*. Die mittlere Differenz ist auf dem ,05-Niveau signifikant.

5 Diskussion

In der vorliegenden Arbeit wurden Biere unterschiedlichen Alkoholgehalts hinsichtlich fünf ausgewählter Attribute mittels einer dynamischen sensorischen Analysemethode, der Temporal Dominance of Sensations (TDS) verglichen. Ziel war es, festzustellen ob signifikante qualitative Unterschiede in der Dominanz der Attribute über die Zeit der Analyse vorhanden sind und ob diese maßgeblich vom Alkoholgehalt der Proben abhängen. Aus den Ergebnissen der TDS wurden TDS-Kurven erstellt, die das Verhalten der Dominanzraten der einzelnen getesteten Attribute und deren Veränderung über die Zeit der Analyse verdeutlichen. Es wurde für jede getestete Probe eine TDS-Kurve mit allen fünf getesteten Attributen erstellt, um deren qualitatives Verhalten der Attribute in jedem einzelnen Produkt aufzuzeigen. Ebenso wurden TDS-Kurven für einzelne Attribute erstellt, um deren Verhalten in unterschiedlichen Proben miteinander zu vergleichen. Der Vergleich erfolgte sowohl in, wie auch zwischen den Produkten mit verschiedenem Alkoholgehalt. Zu guter Letzt wurden auch paarweise Vergleiche zweier Proben erstellt, um die qualitativen Unterschiede aufzuzeigen.

Eines der fünf getesteten Attribute war das Würze-Flavour (worty), ein Off-Flavour, das in alkoholfreien und auch alkoholreduzierten Bieren vorkommt und als unangenehm kartoffelhaft und kuchenhaft beschrieben wird [PERPÈTE und COLLIN, 1999]. Es wurden auch statistische Vergleiche dieses Attributs in der „Dominance Duration“ (wie lange während der Analyse das Attribut als dominant empfunden wurde) durchgeführt, um signifikante Unterschiede in den Proben verschiedenen Ethanolgehalts aufzuzeigen.

Bei der Untersuchung der Bitterkeit, welche im Bier ein Attribut darstellt, das von Konsumenten erwünscht ist [DONADINI et al., 2014] zeigte sich bei der Untersuchung der Dominanzraten, dass zwischen den Proben sowohl Unterschiede als auch Gemeinsamkeiten vorhanden waren. In der Unterscheidung der Proben bezüglich des Alkoholgehalts wurde in den Diagrammen ersichtlich, dass die DR für Bitterkeit in den alkoholhaltigen Proben Großteils höher war als jener der alkoholreduzierten Bierproben. Die Bitterkeits-DR in den alkoholreduzierten Bieren wiederum fiel höher aus als für die alkoholfreien Bierproben. Diese Unterschiede waren vor allem in den ersten 40 Sekun-

den der Analyse am ersichtlichsten, was jener Zeitraum war, in dem die Probe nicht geschluckt, sondern im Mund bewertet wurde. Die Bitterkeit eines Bieres beruht auf vielen Inhaltsstoffen, vorrangig sind hier jedoch die Hopfenbittersäuren, speziell die α -Säuren und Iso- α -Säuren zu nennen [Briggs et al., 2000]. Der Grund für die Unterschiede der Dominanz der Bitterkeit ist vor allem auf Differenzen in den Gehalten an diesen Hopfenbittersäuren zurückzuführen [Vanhoenacker et al., 2004] und laut vorliegender Arbeit zeigte sich, dass die Bitterkeit mit dem Ethanolgehalt zusammenhängt, was darauf schließen lässt, dass auch ein Zusammenhang zwischen Ethanolgehalt und Gehalt an Hopfenbittersäuren bestehen muss. Mithilfe einer sensorischen Untersuchung durch Verwendung einer electronic tongue (Elektronischen Zunge) konnten ARRIETA et al., [2010] diese Korrelation zwischen Iso- α -Säuren und Ethanolgehalt in analysierten Bieren auch tatsächlich feststellen. Ein weiterer Hinweis auf den Zusammenhang zwischen Ethanolgehalt und Bitterkeit ist, dass α -Säuren, Iso- α -Säuren und β -Säuren in herkömmlichen Lösungsmitteln wie Ethanol oder Methanol besser löslich sind als in Wasser. Ethanol wird unter anderem auch als Lösungsmittel für Hopfenextrakte verwendet [VERZELE und DE KEUKELEIRE, 1991].

Eine Gemeinsamkeit, die im Kurvenverlauf der Dominanzen der Bitterkeit für alle Proben zu erkennen ist, ist die Tatsache, dass die DR im Bereich von Sek. 30 bis 40 in der Dominanz zunahm und nach dem Schlucken der Probe stark abfiel. Im Nachgeschmack bauten sich in allen Proben schließlich wieder höhere DR für Bitterkeit nach 20 bis 30 Sekunden auf.

Bei genauerer Betrachtung des untersuchten Attributs Adstringenz fällt auf, dass sich dieses in den TDS-Kurven gegengleich zur Dominanzausprägung der Bitterkeit verhielt. Durch alle Proben, unabhängig vom Ethanolgehalt ist den Kurven zu entnehmen, dass die Adstringenz zu Beginn der Analyse, wo die Bitterkeit noch gering war, und zum Zeitpunkt des Schluckens, wo die Bitterkeit ebenso nur niedrige DR hatte, mit hoher Dominanz bewertet wurde.

Ebenso zeigte sich, dass die Adstringenz in den alkoholhaltigen Proben ausgeprägtere DR aufwies als in den alkoholfreien Proben. Der Zusammenhang zwischen Adstringenz und Ethanolgehalt, der nicht direkt erkennbar ist, lässt sich erklären, da ein Zusam-

menhang zwischen Adstringenz und pH-Wert eines Bieres besteht. Je höher der pH-Wert eines Bieres ist, d.h. je weniger sauer ein Bier ist, umso geringer ist seine Adstringenz [FRANCOIS et al., 2006]. Der Zusammenhang besteht, da ein Bier, welches einen höheren Ethanolgehalt aufweist auch mehr Hopfenbittersäuren gelöst hat als ein alkoholfreies, also saurer sein muss [ARRIETA et al., 2010], diese Bittersäuren bewirken einen geringeren pH-Wert im Bier und dies bewirkt eine vermehrte Adstringenz.

Im Vergleich der Bierproben mit gleichen Ethanolgehalten zeigten sich grundsätzlich ähnliche TDS-Kurven für die Adstringenz, jedoch mit leichten Abweichungen, was durch Unterschiede in den Rezepturen sowie verwendeten Inhaltsstoffen zu erklären ist [PARKER, 2012].

Auch bei der Betrachtung der Dominanzraten im Verlauf der Zeit des geprüften Attributs Fruchtigkeit sind in den einzelnen TDS-Kurven Gemeinsamkeiten sowie auch Unterschiede zu erkennen. Eine Gemeinsamkeit, die auffallend ist, ist dass die Kurven die höchsten DR-Werte immer innerhalb der ersten 30 Sekunden der Analyse erreichten. Der weitere Verlauf der Dominanzen war vor allem von Unterschieden zwischen den Biermarken geprägt. In den *Egger* Bieren waren bis zur Sek. 70 von allen Proben noch die höchsten Fruchtigkeits-DR vorhanden, bei Stiegl war bei der Probe Stiegl Leicht noch ein Peak nach Ablauf der Hälfte der Analysezeit (ca. 50 Sek.) ersichtlich, sowie bei der Probe Zipfer Hell, die restlichen zwei Stiegl Biere sowie die restlichen zwei Zipfer Biere hatten nach ihrer DR-Ausprägung zu Beginn der Analyse einen Kurvenverlauf unterhalb der Zufallswahrscheinlichkeit.

Diese Unterschiede lassen sich dadurch erklären, dass die verschiedenen Ester im Bier, die für die Ausprägung der Fruchtigkeit verantwortlich sind, viele Einflussfaktoren haben, die deren Entstehung während der einzelnen Schritte des Brauprozesses auf vielfältige Weise beeinflussen. Ebenso entscheidend für die Esterbildung in Bier sind die unterschiedlichen Ausgangsmaterialien und Mengen, in denen diese in der Bierherstellung eingesetzt werden [TAYLOR und ORGAN, 2009]. Auf Grund der unterschiedlichen Rezepturen der verschiedenen Produkte der einzelnen Brauereien erscheint es sehr unwahrscheinlich, dass sich die Dominanzraten für das Attribut Fruchtigkeit während des gesamten Analysezeitraums in zwei Proben komplett ähnelt.

Die Ausprägung der Dominanz der Fruchtigkeit in alkoholhaltigen Bieren war immer geringer als in den alkoholreduzierten und alkoholfreien Bieren. Diese Ergebnisse sind im ersten Augenblick ein Widerspruch zu den Erkenntnissen der Literatur, denn alkoholhaltige Biere sollten eigentlich größere Mengen dieser Ester enthalten als alkoholfreie oder alkoholreduzierte Biere, denn die Ester sind Produkte der Fermentation. Wird diese verkürzt oder abgebrochen, wie dies bei der Herstellung von Bieren mit geringerem Alkoholgehalt der Fall ist, sind in diesen Bieren letztendlich weniger Ester vorhanden. Auch physikalisches Entfernen vom Ethanol aus einem alkoholhaltigen Bier beeinflusst den Estergehalt, denn diese sind leicht flüchtig [PERPETE und COLLIN, 1999]. Eine Erklärung für die geringen Dominanzen der Fruchtigkeit in den alkoholhaltigen Proben könnte sein, dass zwar die absolute Menge der vorhandenen Ester in alkoholhaltigen Bieren größer ist als in den Proben mit geringeren Alkoholgehalten, doch die Fruchtigkeit, für die jene Stoffe verantwortlich sind, dennoch nicht als dominant empfunden wurden. Die ausgeprägte Dominanz für Bitterkeit in den alkoholischen Bieren könnte ein Grund dafür sein, warum die Fruchtigkeit weniger dominant verspürt wurde.

Hingegen waren die Dominanzraten für die Fruchtigkeit in den alkoholreduzierten Bieren am stärksten ausgeprägt. Dies kann durchaus damit zusammenhängen, dass in diesen Proben die Dominanz der Bitterkeit schwächer empfunden wurde als in den alkoholhaltigen Bieren und dadurch die Fruchtigkeit deutlich mehr in den Vordergrund rückte und in der Dominanz dadurch präsenter war.

Des Weiteren waren die Dominanzraten der Fruchtigkeit auch in den alkoholfreien Bieren ebenfalls höher als in den alkoholhaltigen, was sich ebenfalls mit der verminderten Dominanz von Bitterkeit in Beziehung stellen lässt. Im Vergleich mit den etwas höheren Dominanzraten für die Fruchtigkeit der alkoholreduzierten Biere kann bei den alkoholfreien Bieren darauf geschlossen werden, dass sich hier die verschiedenen Verfahren zur Ethanolreduktion auf $< 0,5\text{Vol.}\%$ doch auf die Dominanz der Fruchtigkeit auswirken können.

Die TDS-Analyse der Biere hat außerdem gezeigt, dass die Ausprägung der Dominanz des Attributs Malzigkeit in den neun evaluierten Analyseproben untereinander wenig

Zusammenhänge aufwies, was auch bei diesem Attribut darauf zurückzuführen ist, dass seine Ausprägung im Bier von einer Vielzahl an Faktoren abhängig ist. Die Malzigkeit, die, wie der Name schon sagt, vor allem vom Rohstoff Malz ausgeht, hängt stark von der verwendeten Menge, der Malzart, der Aufbereitung und den Mischverhältnissen ab [TAYLOR und ORGAN, 2009; MEILGAARD et al., 1979]. Die größten Übereinstimmungen der Dominanzausprägungen für die Malzigkeit waren für die Panellisten in den alkoholhaltigen Bieren gegeben. Aus diesen Ergebnissen kann darauf geschlossen werden, dass die Zusammensetzung des verwendeten Malzes innerhalb dieser Biere Ähnlichkeiten aufweist. Bei den alkoholfreien und alkoholreduzierten Bieren geht jede Brauerei eigene Wege, die Dominanzraten sind nicht miteinander vergleichbar.

Die Analyseergebnisse für das Attribut Würze flavour, welches eigentlich ein Off-Flavour darstellt, zeigen, dass es in der Dominanz dieses Attributs deutliche Zusammenhänge mit dem Ethanolgehalt der analysierten Bierproben gab. Das Worty Off-Flavour erinnert an gekochte Kartoffeln oder Kartoffelbrei und wird auch als Kuchenartig oder süßlich beschrieben [PERPÈTE et al., 2003]. Die dafür verantwortlichen Carbonylverbindungen wie 3-Methylbutanal und 2-Methylbutanal [PERPÈTE und COLLIN, 1999] und vor allem auch das Methional tritt deutlich ausgeprägt in Bieren mit vermindertem Ethanolgehalt auf, vor allem in Bieren, die zur Ethanolreduktion mit biologischen Verfahren hergestellt werden [BURBERG und ZARNKOW, 2009]. In alkoholhaltigen Bieren sind die für das Würze flavour verantwortlichen Carbonylverbindungen deutlich weniger vorhanden, da diese während der Gärung von den Hefen abgebaut werden [PERPÈTE und COLLIN, 1999]. Diese Kenntnis spiegelt sich deutlich in den Dominanzraten wieder. Die Panellisten empfanden das Würze flavour in den drei analysierten alkoholhaltigen Bierproben zu keinem einzigen Zeitpunkt als signifikant ($p < 0,05$) dominant, die Werte der Dominanzraten blieben sogar die gesamte Analysedauer unterhalb der Zufallswahrscheinlichkeit. Das Würze flavour ist tatsächlich in alkoholhaltigen Bieren nicht signifikant dominant. Ebenso lässt sich anhand der Ergebnisse bestätigen, dass das Würze flavour in den alkoholfreien Bierproben sehr wohl wahrgenommen wurde, alle drei Bierproben hatten signifikant ($p < 0,05$) dominante Werte aufzuweisen, vorwiegend in den ersten 40 Sekunden der Analyse, d.h. in jenem Zeitbe-

reich in dem die Probe im Mund behalten und nicht geschluckt wurde. Diese Ergebnisse deuten darauf hin, dass in alkoholfreien Bieren die vorhandenen Carbonylverbindungen tatsächlich in Mengen vorhanden sein müssen, in denen diese ein Attribut dominant in den Vordergrund rücken können. Jedoch zeigen die TDS-Kurven auch, dass die Dominanzraten unterschiedlich ausgeprägt waren, vor allem im Nachgeschmack. Allerdings wird in den alkoholhaltigen Bieren auch ersichtlich, dass das Warty-Off-Flavour nicht über die gesamte Analysedauer als dominant empfunden wurde, sondern auch ebenso erwünschte Attribute wie Malzigkeit oder Bitterkeit.

Dennoch wird das Warty-Off-Flavour vom Konsumenten in alkoholfreien Bieren als störend empfunden und Studien am Konsumenten zeigten, dass das Nicht-Vorhandensein von unerwünschten Flavour wichtiger erscheint als das Vorhandensein gewünschter Flavour wie Fruchtigkeit, Malzigkeit oder Bitterkeit [DONADINI et al., 2014].

Auch im statistischen Vergleich der „Dominance Duration“-Werte, der Gesamtdauer, in der die Panellisten das Attribut Würzefflavour über den Zeitraum der Analyse als dominant empfanden zeigt sich, dass sich die Duration des Würzefflavours der alkoholfreien Biere signifikant ($p < 0,05$) von den alkoholhaltigen Bieren unterschied und das in allen drei verwendeten Biermarken. Die Dominanz des unerwünschten Würzefflavours wurde in allen drei getesteten alkoholfreien Bieren deutlich ausgeprägter empfunden als in den alkoholhaltigen Proben. Es waren somit signifikante Unterschiede bei diesem unerwünschten Attribut zu beobachten. Dies könnte sich durchaus auf die Akzeptanz des Konsumenten auswirken. Verbesserungen an der Ausprägung des Warty-Off-Flavours in den alkoholfreien Bieren sind weiterhin durchaus anzudenken, auch wenn bereits in den TDS-Kurven gezeigt wird, dass das unerwünschte Flavour immerhin nicht mehr den gesamten Zeitbereich über dominant war.

Auch in den TDS-Kurven des Würzefflavours in den alkoholreduzierten Bieren sind signifikante ($p < 0,05$) Bereiche in den Dominanzraten vorhanden. Diese sind zwar nicht so deutlich ausgeprägt wie die der alkoholfreien Biere und deren signifikant dominante Bereiche haben auch kürzere Verweildauer, in der statistischen Untersuchung der

„Dominance Duration“-Werte zeigte sich aber, dass kein alkoholreduziertes Bier einen signifikanten ($p < 0,05$) Unterschied zu den alkoholfreien Bieren aufwies.

Allerdings ist in der statistischen Analyse der „Dominance Duration“ des Würze Flavours auch zu sehen, dass das alkoholreduzierte Bier *Zipfer 3* sich nicht signifikant vom alkoholhaltigen Pendant, dem *Zipfer Urtyp* unterschied. Die Zeitdauer der Dominanz des unerwünschten Würze Flavours war in diesem alkoholreduzierten Bier nicht stärker vorhanden als in einem alkoholhaltigen Bier, kommt daher diesem im Verhalten des Attributs sehr nahe.

Es sind somit schon alkoholreduzierte Biere am Markt, die in den Flavourattributen alkoholhaltigen Bieren schon sehr ähnlich sind. Vorliegende Arbeit konnte aufzeigen, dass Flavourattribute, die in der Herstellung von alkoholfreien Bieren Probleme bereiten, wie das Würze Flavour (Worty-Off-Flavour) in alkoholreduzierten Bieren über den Großteil der Analysezeit nicht signifikant ($p < 0,05$) ausgeprägt waren. Auch konnte gezeigt werden, dass die Dominanzen von im Bier erwünschten Attributen, wie etwa der Fruchtigkeit in alkoholreduzierten Produkten sogar stärker ausgeprägt waren als in alkoholhaltigen Bieren. Zu guter Letzt konnte in der „Dominance Duration“ durch statistischen Vergleich festgestellt werden, dass sich zumindest ein alkoholreduziertes Bier (*Zipfer 3*) nicht sig. von einem alkoholhaltigen Bier (*Zipfer Urtyp*) unterschied. All dies zeigt auf, dass die alkoholreduzierten Biere im Flavour den alkoholhaltigen Bieren schon ähnlich sind und diese Tatsache sollte dafür genutzt werden, Konsumenten zu ermutigen, alkoholreduzierte Biere als ernsthafte Alternative zu anderen alkoholhaltigen Getränken heranzuziehen. Es bringt im Gesamtflavour keine Nachteile mit sich und bietet den Vorteil der geringeren Ethanolkonsumation und da die Beliebtheit von Bieren mit verminderten Ethanolgehalt in den letzten Jahren kontinuierlich ansteigt [BRÁNYIK et al., 2012] aus diversen Gründen wie erhöhtes Gesundheitsbewusstsein, Aufrechterhaltung der Fahrtauglichkeit, religiöse Gründe etc. kann alkoholreduziertes Bier als sinnvolle Alternative zu herkömmlichen Bieren empfohlen werden. Alkoholfreies Bier bildet auch eine sinnvolle Alternative zu alkoholhaltigen Getränken, wird aber auf Grund der noch vorhandenen unerwünschten Flavoureigenschaften beim Konsumenten auf geringere Nachfrage stoßen.

6 Schlussbetrachtung

Bier ist eines der beliebtesten Getränke weltweit. In den letzten Jahren lässt sich auch global eine vermehrte Nachfrage nach alkoholreduzierten und alkoholfreien Bieren feststellen [BRÁNYIK et al., 2012]. Verschiedene Gründe, wie vermehrtes Gesundheitsbewusstsein, Fahrtauglichkeit mit dem Auto, berufliche, religiöse, sportliche Gründe etc. sind Beispiele für diese vermehrte Nachfrage [MONTANARI et al., 2008].

Biere mit vermindertem Ethanolgehalt unterscheiden sich jedoch wesentlich in den Flavoureigenschaften von alkoholhaltigen Bieren. So wird Bieren ohne Alkohol oft unerwünschte Flavour (sogenannte Off-Flavour) oder ein unausgewogenes Flavour nachgesagt oder auch, dass wichtige Aromakomponenten nicht vorhanden sind [CATARINO et al., 2009].

Die beiden größten Unterschiede im Flavour in alkoholreduzierten und alkoholfreien Bieren im Vergleich zu alkoholhaltigen Bieren sind in den Ausprägungen der Attribute Würzeflavour (worty, ein unerwünschtes Flavour) und Fruchtigkeit (fruity) zu finden. Beides ist auf die veränderten Herstellungsbedingungen von alkoholreduzierten und alkoholfreien Bieren zurückzuführen, denn eine ausgeprägte Gärung muss hier entweder verhindert werden, oder der Ethanol zu einem späteren Zeitpunkt aus der Biermatrix entfernt werden. Brauereien sind bemüht, diese Unterschiede in der Flavoursausprägung so gering wie möglich zu halten [BURBERG und ZARNKOW, 2009; PERPÈTE und COLLIN, 1999].

In der vorliegenden Arbeit wurde mit einer dynamischen, sensorischen Analysemethode, der Temporal Dominance of Sensations (TDS) untersucht, wie unterschiedlich die Dominanzen von fünf ausgewählten Attributen (Bitterkeit, Adstringenz, Fruchtigkeit, Malzigkeit, Würzeflavour) zwischen alkoholhaltigen, alkoholreduzierten und alkoholfreien Bieren sind und wie sich diese im Laufe der Analysezeit verändern. Es wurden jeweils drei Biere mit unterschiedlichem Ethanolgehalt von drei österreichischen Brauereien (*Egger, Stiegl, Zipfer*) dafür verwendet.

Die Ergebnisse für die einzelnen Attribute fielen unterschiedlich aus, in manchen waren große Übereinstimmungen ersichtlich, in anderen eindeutige Unterschiede.

Es zeigte sich, dass die Dominanz der Bitterkeit in alkoholhaltigen Bieren deutlich ausgeprägter war als in jenen Bieren mit vermindertem Ethanolgehalt. Dies hängt wahrscheinlich mit der besseren Löslichkeit der Hopfenbittersäuren in Ethanol zusammen [ARRIETA et al., 2010, Vanhoenacker et al., 2004]. Es wurde auch festgestellt, dass die größte Dominanz der Bitterkeit in allen Bieren immer 20 bis 30 Sekunden nach aufnehmen bzw. schlucken der Probe empfunden wurde.

Des Weiteren zeigte sich in der Evaluierung der Adstringenz, dass sich deren Dominanzkurve gegengleich zur Bitterkeit verhält. Auch ein Zusammenhang zwischen Bitterkeit und Adstringenz, der indirekt auf den Ethanolgehalt zurückzuführen ist, wurde festgestellt. Je mehr Bittersäuren im Bier gelöst sind (was in alkoholhaltigen Bieren der Fall ist) umso höher ist die Dominanz der Adstringenz [FRANCOIS et al., 2006].

Die Malzigkeit verhielt sich in allen Bieren unterschiedlich, was auf die vielen Einflussfaktoren dieses Attributs zurückzuführen ist, wie verwendete Malzsorte, Mischverhältnisse, Aufbereitung und Verarbeitung [TAYLOR und ORGAN, 2009].

Die Dominanz der Fruchtigkeit, die durch Esterverbindungen aus dem Gärprozess entsteht, war in alkoholreduzierten Bieren am größten ausgeprägt, obwohl der absolute Gehalt in alkoholhaltigen Bieren lt. Literatur höher ist [PERPETE und COLLIN, 1999]. Deshalb kann davon ausgegangen werden, dass die Dominanz der Fruchtigkeit in alkoholhaltigen Bieren einfach auf Grund der vermehrten Bitterkeit nicht so stark ausgeprägt war, obwohl absolut gesehen mehr Ester in diesen vorhanden sind als in den alkoholreduzierten Bieren.

Starke Unterschiede zeigten sich in der Ausprägung des Würze Flavours, jenem Flavour, welches in der Biermatrix unerwünscht ist und vermehrt in Bieren mit vermindertem Ethanolgehalt vorkommt [PERPÈTE et al., 2003]. In alkoholhaltigen Bieren blieb die Dominanz für das Würze Flavour unter der Zufallswahrscheinlichkeit, in den alkoholfreien Bieren war diese zu Beginn der Analyse in allen drei Bieren signifikant ($p < 0,05$) dominant vorhanden. Dennoch wurde ersichtlich, dass in alkoholfreien Bieren auch andere Attribute, die erwünscht sind, ebenfalls dominant waren, wie Bitterkeit oder Malzigkeit. Das Würze Flavour dominiert somit im alkoholfreien Bier nicht über den gesamten Analysezeitraum.

Die alkoholreduzierten Biere wiesen weniger Dominanz des Würze flavours als die alkoholfreien Biere auf, im statistischen Vergleich der „Dominance Duration“ des Würze flavours zwischen alkoholreduzierten und alkoholhaltigen Bieren zeigte sich, dass sich ein alkoholreduziertes Bier (*Zipfer 3*) sich nicht signifikant ($p = 0,069$) vom alkoholhaltigen *Zipfer Urtyp* unterschied.

Aus den Ergebnissen wird deutlich, dass sich Biere mit unterschiedlichen Ethanolgehalt in der Ausprägung der Dominanz einzelner Attribute unterscheiden. Erwünschte Attribute wie Bitterkeit oder Malzigkeit (malty) waren in alkoholhaltigen Bieren stärker ausgeprägt, während unerwünschte Attribute wie das Off-Flavour Würze flavour (worty) in alkoholfreien Bieren nach wie vor signifikant ($p < 0,05$) höher vorhanden waren als in alkoholhaltigen Bieren, jedoch traten diese nicht über die gesamte Analysedauer dominant auf.

Alkoholreduzierte Biere zeigten nur noch geringe bis keine Unterschiede in der Dominanz oder der „Dominance Duration“ des Würze flavours. Des Weiteren waren in den alkoholreduzierten Bieren erwünschte Attribute wie Bitterkeit vorhanden, die Fruchtigkeit war sogar dominanter ausgeprägt als in alkoholhaltigen Bieren.

Alkoholreduzierte Biere können aufgrund der Ergebnisse als Biere mit guten Flavoureigenschaften betrachtet werden und bieten dem Konsumenten eine sinnvolle Möglichkeit um den Konsum von Ethanol einzuschränken und dennoch Bier genießen zu können. Eine hohe Akzeptanz von alkoholfreien Biere durch den Konsumenten ist auf Grund der zum Teil noch immer dominant vorhandenen unerwünschten Flavoureigenschaften fragwürdig, dennoch sind diese Produkte ebenso eine sinnvolle Alternative zu alkoholhaltigen Getränken.

7 Zusammenfassung

Aus mehrerlei Gründen ist global unter Konsumenten eine erhöhte Nachfrage nach alkoholreduzierten und alkoholfreien Bieren zu beobachten. Solche Biere haben jedoch produktionsbedingt andere Flavoureigenschaften als alkoholhaltige Biere, wie etwa das Vorhandensein eines kartoffeligen Off-Flavours, das als Würze flavour (worty flavour) bezeichnet wird, oder auch das Fehlen von erwünschten Flavourattributen wie Fruchtigkeit. Durch neu entwickelte Produktionsverfahren oder durch Verbesserungen von bisher angewandten biologischen oder physikalischen Herstellungsmethoden wird versucht, diese vorhandenen Unterschiede in den Flavoureigenschaften zu minimieren, um Biere mit vermindertem Alkoholgehalt herzustellen, die dem Flavour von alkoholhaltigen Bieren möglichst ähnlich sind. In der vorliegenden Arbeit wurden jeweils drei alkoholhaltige, alkoholreduzierte und alkoholfreie Biere von drei österreichischen Brauereien auf sensorische Unterschiede in den Dominanzen von fünf ausgewählten Flavourattributen und deren Veränderung über die gesamte Analysedauer (100 Sek.) untersucht. Als Analyseverfahren wurde die Temporal Dominance of Sensations (TDS) gewählt, eine dynamische Methode. Die zu analysierenden Attribute waren Bitterkeit, Adstringenz, Fruchtigkeit, Malzigkeit und Würze flavour. Die Ergebnisse in den TDS-Kurven zeigten Unterschiede in den Dominanzen der evaluierten Attribute in Abhängigkeit des Ethanolgehalts. So wurde etwa ersichtlich, dass die Dominanz der Bitterkeit und der Adstringenz mit dem Ethanolgehalt zusammenhängen. Das unerwünschte Würze flavour war in den alkoholfreien Bieren am intensivsten, die „Dominance Duration“ unterschied sich in allen alkoholfreien Proben sig. ($p < 0,05$) von den alkoholhaltigen Bieren. Allerdings dominierte es nicht während der kompletten Analysezeit denn erwünschte Attribute wie Bitterkeit oder Malzigkeit waren ebenso dominant. In alkoholreduzierten Bieren war die Dominanz der Fruchtigkeit am stärksten ausgeprägt und das Würze flavour weniger stark dominant als in alkoholfreien Bieren, die „total Duration“ unterschied sich nicht immer sig. ($p < 0,05$) von der alkoholhaltigen Proben. Auf Grund der Ergebnisse lässt sich feststellen dass derzeit produzierte alkoholreduzierte Biere eine Möglichkeit bieten, den Konsum von Ethanol einzuschränken ohne auf den Genuss von geschmacklich hochwertigem Bier verzichten zu müssen.

8 Summary

Today there exists an increased demand under consumers for alcohol reduced and alcohol free beer worldwide. However, there are some differences in their flavour characteristics compared to alcoholic beer, such as the appearance of a potato-like worty off-flavour or even the lack of desirable flavours like fruity.

Because of these flavour disadvantages in alcohol reduced and alcohol free beers, global breweries are developing new production techniques or are improving present biological and physical brewing methods for these beer types, trying to minimize the flavour differences to create alcohol reduced or alcohol free beer with similar flavour characteristics like alcoholic beer.

In the present study the dominances of five flavour attributes (bitterness, astringency, fruity, malty and worty) of three alcoholic, alcohol reduced and alcohol free beers, respectively, produced by three Austrian breweries (*Egger*, *Stiegl* and *Zipfer*) and their dominance changes over the whole time of analysis (100 sec.) were evaluated by using Temporal Dominance of Sensations (TDS), a dynamic sensory method.

As results, the TDS-curves showed differences in attribute dominance depending on the ethanol content of the samples. It was shown, that dominance of bitterness and astringency were connected to ethanol content. The undesirable worty off-flavour was most pronounced in alcohol free beers, the dominance duration was significantly ($p < 0,05$) higher than in alcoholic beers. Though, worty off-flavour dominated not the whole time of analysis (100 sec.), there were also desirable attributes dominant like bitterness or malty flavour.

In alcohol reduced beer samples, fruity flavour was more dominant than in all other samples and the worty off-flavour was less dominant than in alcohol free samples. Dominance Duration of worty off-flavour in alcohol reduced beer was not in all samples significantly ($p < 0,05$) different from alcoholic samples.

Based on the presented results currently produced alcohol reduced beers provide a way to limit the consumption of ethanol without having to give up the pleasure of taste quality beer.

9 Quellenverzeichnis:

ARRIETA A, RODRIGUEZ-MENDEZ M, DE SAJA J, BLANCO C, NIMUBONA D. Prediction of Bitterness and alcoholic strength in beer using an electronic tongue. Food Chemistry, 2010, 123: 642-646

BAMFORTH C. Beer: Health and Nutrition. Blackwell Science Ltd, Oxford, 2004

BRÁNYIK T, SILVA D, BASZCZYNSKI M, LEHNERT R, ALMEIDA DE SILVA J. A review of methods of low alcohol and alcohol free beer production. Journal of Food Engineering. 2012, 108:4.493-506 FEB.

BRIGGS, D.E, BOULTON C.A, BROOKES P.A, STEVENS R. Brewing science and practice. Cambridge: Woodhead Publishing Limited 2000.

BOULTON C, QUAIN D. The biochemistry of fermentation. In: Brewing Yeast and Fermentation. Blackwell Science Ltd, Oxford, 2001.

BURBERG F, ZARNKOW M. Handbook of Brewing: Processes, Technology, Markets. Wiley-CVH Verlag, Weinheim, 2009.

CATARINO M, MENDES A. Non-alcoholic beer – A new industrial process. Separation and Purification Technology. 2011, 79 342– 351

CATARINO M, FERREIRA A, MENDES A. Study and optimization of aroma recovery from beer by pervaporation. Journal of Membrane Science. 2009, 341 51–59

CATARINO M, FERREIRA A, MENDES A, MADEIRA L. Beer dealcoholisation by Reverse Osmosis Desalination. 2006, 200 397–399

CATARINO M, FERREIRA A, MENDES A, MADEIRA L. Alcohol Removal from Beer by Reverse Osmosis. Separation Science and Technology. 2007, 42: 3011–3027

CLIFF M, HEYMAN H. Development and use of the time-intensity methodology for sensory evaluation: a review. Food Research International. 1993, 26 375-385

DE KEUKELEIRE D. Fundamentals of beer and hop chemistry. Quimica Nova 2000; (23): 108–112.

DERNDORFER E. Lebensmittelsensorik. Facultas Verlags- und Buchhandels AG, Wien, 2012

DLG e.V. Ausschuss Sensorik. Sensorische Analyse: Methodenüberblick und Einsatzbereiche. Frankfurt am Main, 2012

DONADINI G, FUMI M, NEWBY-CLARK I. Consumers' preference and sensory profile of bottom fermented red beers of the Italian market. Food Research International. 2014, 58 69-80

EISENBRAND G, SCHREIER P, RÖMPP Lexikon Lebensmittelchemie. Thieme Verlag KG, Stuttgart, 2006

FRANCOIS N, GUYOT-DECLERCK C, HUG B, CALLEMIEN D, GOVAERTS B, COLLIN S. Beer astringency assessed by time–intensity and quantitative descriptive analysis: Influence of pH and accelerated aging. Food Quality and Preference. 2006, 17 445–452

FRICKER A. Lebensmittel — mit allen Sinnen prüfen: Qualität, Aromastoffe, Geschmack, Sensorik. Springer Verlag, Berlin, 1984

GROSCH W. Determination of potent odorants in foods by aroma extract dilution analysis (AEDA) and calculation of odour activity value (OAVs). *Flavour and Fragrance Journal*. 1994, 9, 147-158

HANGHOFER H. Bier brauen nach eigenem Geschmack. BLV Verlagsgesellschaft mbH, München, 1999

HLATKY M, REIL F. Bierbrauen für jedermann. Leopold Stocker Verlag, Graz, 1997

HUBER K. Pervaporation von Reinflüssigkeiten und binären Gemischen durch Membranen von Polybutylenterephthalat im Glasübergangsbereich. Herbert Utz Verlag, München, 1998

HUGHES P. Identification of Taste- and Aroma-Active Components of Beer. In: *Beer in Health and Disease Prevention*. Elsevier Inc., San Diego, 2008.

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

LIN T, CHEN Y, WANG T. Method for producing beer-like and alcohol free fermented beverage. 2005, United States Patent Application Publication Pub.No.: US20050266120 A1

LINKE L. Grundzüge der Lebensmitteltechnik. Behr's Verlag, Hamburg, 2004

MEILGAARD M. Flavor chemistry of beer: part ii: flavour and threshold of 239 aroma volatiles. *Master Brewers Association of the Americans*. 1975, TQ vol. 12, no. (3), pp. 151-168

MEILGAARD M, DALGLIESH C, CLAPPERTON J. Beer Flavour Terminology. Journal of the Institute of Brewing. 1979, Vol. 85. pp. 38-42

MONTANARI L, MARCONI O, MAYER H, FANTOZZI P. Production of Alcohol-free Beer. In: Beer in Health and Disease Prevention. Elsevier Inc., San Diego, 2008.

ÖSTERREICHISCHES LEBENSMITTELBUCH (Codex Alimentarius Austriacus): Kapitel B13
Bier – letzte Änderung April 1998 – gültig Juli 2006

PARKER D. Beer: production, sensory characteristics and sensory analysis. Alcoholic Beverages: Sensory evaluation and consumer research. Woodhead Publishing, Cambridge, 2012.

PERPÈTE P, COLLIN S. Contribution of 3-Methylthiopropionaldehyde to the Warty Flavor of Alcohol-Free Beers. Journal of Agriculture and Food Chemistry. 1999, 47, 2374-2378

PERPÈTE P, COLLIN S. Fate of the warty flavours in a cold contact fermentation. Food Chemistry. 1999, 66 359-363

PERPÈTE P, COLLIN S. How to improve the enzymatic warty flavour reduction in a cold contact fermentation. Food Chemistry. 2000, 70 457-462

PERPÈTE P, COLLIN S. Influence of beer ethanol content on the wort flavor perception. Food Chemistry. 2000, 71 379-385

PERPÈTE P, COLLIN S. The role of yeast in the production of low-alcohol beer. Proceedings in the VI J. 1994, De Clerck Chair, Leuven

PERPÈTE P, GIJS L, COLLIN S. Methionine, a key amino acid for flavour biosynthesis in beer. *Brewing Yeast Fermentation Performance* (2nd Edition). 2003, p. 206-212 (ISBN : 0-632-06498-6)

PINEAU N, GOUPIL DE BOUILLE A, 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, SCHILCH P. Temporal dominance of sensations (TDS) as a sensory profiling technique. *Rapid Sensory Profiling Techniques*. Woodhead Publishing, Cambridge, 2015

PINEAU N, SCHLICH P, CORDELLE S, MAATHONNIERE C, ISSANCHOU S, IMBERT A, ROGEAUX M, ETIEVANT P, KÖSTER E. Temporal Dominance of Sensations: Construction of the TDS curves and comparison with time-intensity. *Food Quality and Preference*. 2009, 20 450-455

PORRETTA S, DONADINI G. A Preference Study for No Alcohol Beer in Italy using Quantitative Concept Analysis. *Journal of the Institute of Brewing*. 2008, Vol. 114, NO. 4

RUDNITSKAYA A, POLSHIN E, KIRSANOV D, LAMMERTYN J, NIKOLAI B, SAISON D, DELVAUX F, DELVAUX F, LEGIN A. Instrumental measurement of beer taste attributes using an electronic tongue. *Analytica Chimica Acta*. 2009, 646 111–118

SCANES K, HOHMANN S, PRIOR B. Glycerol production by the yeast *Saccharomyces cerevisiae* and its relevance to wine: a review. *South African Journal of Enology and Viticulture*. 1998, 19, 17-24

SCHMIDT C, LAGEMANN A, STEPHAN A, STETTNER G. LC-MS/MS Studies on the Influence of the pH Value on the Formation of Iso- α -Acid Degradation Products in Beer. In: Flavour Science. Elsevier Inc., San Diego, 2014.

SCHWENDT G. Was ist wirklich drin: Produkte aus dem Supermarkt. Wiley-CVH Verlag, Weinheim, 2006.

SOHRABVANDI S, MOUSAVI S, RAZAVI S, MORTAZAVIAN A, REZAEI K. Alcohol-free Beer: Methods of Production, Sensorial Defects, and Healthful Effects. Food Reviews International. 2010, 26:4, 335-352

TAYLOR B, ORGAN G. Handbook of Brewing: Processes, Technology, Markets. Wiley-CVH Verlag, Weinheim, 2009.

VANHOENACKER H, DE KEUKELEIRE D, SANDRA P. Analysis of iso- α -acids and reduced iso- α -acids in beer by direct injection and liquid chromatography with ultraviolet absorbance detection or with mass spectrometry. Journal of Chromatography A 2004; (1035): 53-61.

VERZELE M, DE KEUKELEIRE D. Chemistry and Analysis of Hop and Beer Bitter Acids. Elsevier Science Publishers B. V., Amsterdam, 1991

WIKIPEDIA:

<https://de.wikipedia.org/wiki/Isovaleraldehyd#/media/File:Isovalerylaldehyde.svg>
(Stand: 17.7.2015)

WIKIPEDIA:

https://de.wikipedia.org/wiki/2-Methylbutyraldehyd#/media/File:2-Methylbutyric_aldehyde_%28S%29.svg
(Stand: 17.7.2015)

WIKIPEDIA:

https://de.wikipedia.org/wiki/Methional#/media/File:3-%28methylthio%29propanal_200.svg

(Stand: 17.7.2015)

WIKIPEDIA:

https://de.wikipedia.org/wiki/Diacetyl#/media/File:Butandion_-_Butanedione.svg

(Stand: 17.7.2015)

WIKIPEDIA: http://en.wikipedia.org/wiki/Alpha_acid (Stand: 13.08.2015)

WIKIPEDIA:

<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/9/95/Lupulone.svg/1280px-Lupulone.svg.png> (Stand: 13.08.2015)

WIKIPEDIA:

http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/a6/S-Humulone_Isomerization.svg (Stand: 05.02.2015)

“Ich habe mich bemüht, sämtliche Inhaber der Bildrechte ausfindig zu machen und ihre Zustimmung zur Verwendung der Bilder in dieser Arbeit eingeholt. Sollte dennoch eine Urheberrechtsverletzung bekannt werden, ersuche ich um Meldung bei mir.”

10 Anhang

Tabelle 9: Beer Flavour Terminology [MEILGAARD et. al., 1979]

Class 1—Aromatic, Fragrant, Fruity, Floral			
0110 Alcoholic	OTW	The general effect of ethanol and higher alcohols.	Ethanol, 50 g/litre
0111 Spicy	OTW	Allspice, nutmeg, peppery, eugenol. See also 1003 Vanilla.	Eugenol, 120 µg/litre
0112 Vinous	OTW	Bouquet, fusely, wine-like.	(White wine)
0120 Solvent-like	OT	Like chemical solvents.	
0121 Plastics	OT	Plasticizers.	
0122 Can-liner	OT	Lacquer-like.	
0123 Acetone	OT		(Acetone)
0130 Estery	OT	Like aliphatic esters.	
0131 Isoamyl acetate	OT	Banana, peardrop.	(Isoamyl acetate)
0132 Ethyl hexanoate	OT	Apple-like with note of aniseed. See also 0142 Apple.	(Ethyl hexanoate)
0133 Ethyl acetate	OT	Light fruity, solvent-like. See also 0120 Solvent-like.	(Ethyl acetate)
0140 Fruity	OT	Of specific fruits or mixtures of fruits.	
0141 Citrus	OT	Citral, grapefruit, lemony, orange-rind.	
0142 Apple	OT		
0143 Banana	OT		
0144 Blackcurrant	OT	Blackcurrant fruit. For blackcurrant leaves use 0810 Catty.	
0145 Melony	OT		(6-Nonenal, <i>cis</i> or <i>trans</i>)
0146 Pear	OT		
0147 Raspberry	OT		
0148 Strawberry	OT		
0150 Acetaldehyde	OT	Green apples, raw appleskin, bruised apples.	(Acetaldehyde)
0160 Floral	OT	Like flowers, fragrant.	
0161 2-Phenylethanol	OT	Rose-like.	(2-Phenylethanol)
0162 Geraniol	OT	Rose-like, different from 0161. Taster should compare the pure chemicals.	(Geraniol)
0163 Perfumy	OT	Scented.	
0170 Hoppy	OT	Fresh hop aroma. Use with other terms to describe stale hop aroma. Does not include hop bitterness (see 1200 Bitter).	
0171 Kettle-hop	OT	Flavour imparted by aroma hops boiled in the kettle.	
0172 Dry-hop	OT	Flavour imparted by dry hops added in tank or cask.	
0173 Hop oil	OT	Flavour imparted by addition of distilled hop oil.	
Class 2—Resinous, Nutty, Green, Grassy			
0210 Resinous	OT	Fresh sawdust, resin, cedarwood, pinewood, spruce, terpenoid.	
0211 Woody	OT	Seasoned wood (uncut).	
0220 Nutty	OT	As in brazil-nut, hazelnut, sherry-like.	
0221 Walnut	OT	Fresh (not rancid) walnut.	
0222 Coconut	OT		
0223 Beany	OT	Bean soup.	(2,4,7-Decatrienal)
0224 Almond	OT	Marzipan.	(Benzaldehyde)
0230 Grassy	OT		
0231 Freshly-cut grass	OT	Green, crushed green leaves, leafy, alfalfa.	(<i>cis</i> -3-Hexenol)
0232 Straw-like	OT	Hay-like.	
Class 3—Cereal			
0310 Grainy	OT	Raw grain flavour.	
0311 Husky	OT	Husk-like, chaff, 'Glattwasser'.	
0312 Corn grits	OT	Maize grits, adjuncty.	
0313 Mealy	OT	Like flour.	
0320 Malty	OT		
0330 Worty	OT	Fresh wort aroma. Use with other terms to describe infected wort, e.g. 0731 Parsnip.	
Class 4—Caramelized, Roasted			
0410 Caramel	OT	Burnt sugar, toffee-like.	
0411 Molasses	OT	Black treacle, treacly.	
0412 Licorice	OT		
0420 Burnt	OTM	Scorched aroma, dry mouthfeel and sharp acrid taste.	
0421 Bread-crust	OTM	Charred toast.	
0422 Roast-barley	OTM	Chocolate malt.	
0423 Smoky	OT		

Class term	First tier	Second tier	Relevance	Comments, synonyms, definitions	Reference standard
Class 5—Phenolic					
0500 Phenolic		0501 Tarry	OT	Pitch, faulty pitching of containers.	
		0502 Bakelite	OT		
		0503 Carbolic	OT	Phenol.	
		0504 Chlorophenol	OT	Trichlorophenol (TCP), hospital-like.	
		0505 Iodoform	OT	Iodophors, hospital-like, pharmaceutical.	
Class 6—Soapy, Fatty, Diacetyl, Oily, Rancid					
0600 Fatty acid		0610 Fatty acid	OT		
		0611 Caprylic	OT	Soapy, fatty, goaty, tallowy.	(Octanoic acid).
		0612 Cheesy	OT	} Dry, stale cheese, } Hydrolytic	(Isovaleric acid)
		0613 Isovaleric	OT	} old hops. } rancidity	
		0614 Butyric	OT	Rancid butter.	Butyric acid, 3 mg/litre
		0620 Diacetyl	OT	Butterscotch, buttermilk.	Diacetyl, 0.2-0.4 mg/litre
		0630 Rancid	OT	} Oxidative rancidity.	
		0631 Rancid oil	OTM		
		0640 Oily	OTM		
		0641 Vegetable oil	OTM	As in refined vegetable oil.	
		0642 Mineral oil	OTM	Gasoline (petrol), kerosene (paraffin), machine oil.	
Class 7—Sulphury					
0700 Sulphury		0710 Sulphitic	OT	Sulphur dioxide, striking-match, choking, sulphurous-SO ₂ .	(KMS)
		0720 Sulphidic	OT	Rotten egg, sulphury-reduced, sulphurous-RSH.	
		0721 H ₂ S	OT	Rotten egg.	(H ₂ S)
		0722 Mercaptan	OT	Lower mercaptans, drains, stench.	(Ethyl mercaptan)
		0723 Garlic	OT		
		0724 Lightstruck	OT	Skunky, sunstruck	
		0725 Autolysed	OT	Rotting yeast (see also 0740 Yeasty)	
		0726 Burnt rubber	OT	Higher mercaptans.	
		0727 Shrimp-like	OT	Water in which shrimp have been cooked.	
		0730 Cooked vegetable	OT	Mainly dialkyl sulphides, Sulphurous-RSR'.	
		0731 Parsnip/celery	OT	An effect of wort infection.	
		0732 DMS	OT	(Dimethyl sulphide)	DMS, 100 µg/litre
		0733 Cooked cabbage	OT	Overcooked green vegetables.	
		0734 Cooked sweet corn	OT	Cooked maize, canned sweet corn.	
		0735 Cooked tomato	OT	Tomato juice (processed), tomato ketchup.	
		0736 Cooked onion	OT		
		0740 Yeasty	OT	Fresh yeast, flavour of heated thiamine (see also 0725 Autolysed).	
		0741 Meaty	OT	Brothy, cooked meat, meat extract, peptone, yeast broth.	
Class 8—Oxidized, Stale, Musty					
0800 Stale		0810 Catty	OTM	Old beer, overaged, overpasteurized.	(Heat with air)
		0820 Papery	OT	Blackcurrant leaves, ribes, tomato plants, oxidized beer.	(p-Menthane-8-thiol-3-one)
		0830 Leathery	OTM	An initial stage of staling, bread (stale bread-crumbs), cardboard, old beer, oxidized.	5-Methylfurfural, 25 mg/litre
		0840 Moldy	OT	A later stage of staling, then often used in conjunction with 0211 Woody.	
		0841 Earthy	OT	Cellar-like, leaf-mold, woodsy.	
		0842 Musty	OT	Actinomycetes, damp soil, freshly dug soil, diatomaceous earth. Fusty.	(Geosmin)
Class 9—Sour, acidic					
0900 Acidic		0910 Acetic	OT	Pungent aroma, sharpness of taste, mineral acid.	(Acetic acid)
		0920 Sour	OT	Vinegar.	
			OT	Lactic, sour milk. Use with 0141 for citrus-sour.	
Class 10—Sweet					
1000 Sweet		1001 Honey	OT		Sucrose, 7.5 g/litre
		1002 Jam-like	OT	Can occur as an effect of beer staling, e.g. the odour of stale beer in a glass, oxidized (stale) honey.	
				May be qualified by sub-classes of 0140 Fruity.	

Class term	First tier	Second tier	Relevance	Comments, synonyms, definitions	Reference standard
		1003 Vanilla 1004 Primings 1005 Syrupy 1006 Oversweet	OT OT OTM OT	Custard powder, vanillin. Clear (golden) syrup. Sickly sweet, cloying.	(Vanillin)
Class 11—Salty					
	1100	Salty	T		Sodium chloride, 1.8 g/litre
Class 12—Bitter					
	1200	Bitter	TAf		(Isohumulone)
Class 13—Mouthfeel					
	1310	Alkaline	TMAf	Flavour imparted by accidental admixture of alkaline detergent.	(Sodium bicarbonate)
	1320	Mouthcoating	MAf	Creamy, 'onctueux' (Fr.).	(Ferrous ammonium sulphate) Quercitrin, 240 mg/litre*)
	1330	Metallic	OTMAf	Iron, rusty water, coins, tinny, inky.	
	1340	Astringent	MAf	Mouth puckering, puckery, tannin-like, tart.	Unsweeter.
	1341	Drying	MAf	O—Dusty cushion, irritating, (with 0310 Grainy) mill-room smell.	
	1350	Powdery	OTM	TM—Chalky, particulate, scratchy, silicate-like, siliceous.	CO ₂ content.
	1360	Carbonation	M	Undercarbonated.	
	1361	Flat	M	Overcarbonated.	60% of normal CO ₂ content for the product 140% of normal CO ₂ content for the product
	1362	Gassy	M	See also 0110 Alcoholic and 0111 Spicy.	
	1370	Warming	WMAf		
Class 14—Fullness					
	1410	Body	OTM	Fullness of flavour and mouthfeel.	
	1411	Watery	TM	Thin, seemingly diluted.	
	1412	Characterless	OTM	Bland, empty, flavourless.	
	1413	Satiating	OTM	Extra-full, filling.	
	1414	Thick	TM	Viscous, 'epais' (Fr.).	

* Quercitrin is both astringent and bitter.

Particular Relevance: O = Odour T = Taste M = Mouthfeel W = Warming Af = Afterflavour

Tabelle 10: Rohdaten der Dominanzraten des Attributs Bitterkeit

Bitterkeit (BITTERNESS) Panel-Dominanzrate in %										
Attribut	Zeit	Egger			Stiegl			Zipfer		
		MÄRZEN	SPRIZZ	ZISCH	FREIBIER	GOLDBRÄU	LEICHT	3	HELL	URTYP
BITTERNESS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BITTERNESS	1	0	0	0	0	3,3	0	0	0	0
BITTERNESS	2	3,3	0	0	3,3	3,3	0	10	0	3,3
BITTERNESS	3	13,3	3,3	3,3	6,7	13,3	0	10	10	23,3
BITTERNESS	4	13,3	3,3	6,7	13,3	23,3	0	20	3,3	23,3
BITTERNESS	5	13,3	16,7	6,7	13,3	23,3	13,3	10	6,7	23,3
BITTERNESS	6	13,3	26,7	3,3	23,3	23,3	3,3	10	6,7	30
BITTERNESS	7	23,3	26,7	3,3	16,7	13,3	10	10	6,7	30
BITTERNESS	8	26,7	26,7	3,3	16,7	10	10	10	6,7	30
BITTERNESS	9	16,7	30	3,3	13,3	3,3	10	10	6,7	30
BITTERNESS	10	16,7	20	3,3	3,3	3,3	6,7	6,7	6,7	16,7
BITTERNESS	11	16,7	20	3,3	3,3	3,3	6,7	6,7	6,7	10

BITTERNESS	12	16,7	13,3	3,3	3,3	30	16,7	6,7	6,7	10
BITTERNESS	13	23,3	3,3	3,3	3,3	20	16,7	16,7	6,7	16,7
BITTERNESS	14	33,3	3,3	13,3	3,3	13,3	26,7	10	13,3	10
BITTERNESS	15	33,3	13,3	13,3	3,3	13,3	26,7	16,7	13,3	10
BITTERNESS	16	46,7	13,3	20	3,3	30	33,3	16,7	3,3	10
BITTERNESS	17	46,7	26,7	10	3,3	30	23,3	20	0	0
BITTERNESS	18	46,7	26,7	20	3,3	30	23,3	20	16,7	3,3
BITTERNESS	19	46,7	26,7	20	3,3	30	33,3	16,7	6,7	3,3
BITTERNESS	20	46,7	30	20	6,7	30	33,3	26,7	6,7	13,3
BITTERNESS	21	43,3	30	20	6,7	30	33,3	16,7	6,7	20
BITTERNESS	22	30	30	30	6,7	30	33,3	16,7	10	20
BITTERNESS	23	30	30	30	3,3	43,3	40	16,7	10	20
BITTERNESS	24	30	30	33,3	3,3	43,3	43,3	16,7	10	20
BITTERNESS	25	40	26,7	30	3,3	50	43,3	16,7	13,3	30
BITTERNESS	26	40	26,7	20	3,3	50	43,3	20	6,7	30
BITTERNESS	27	23,3	33,3	30	3,3	56,7	43,3	20	10	30
BITTERNESS	28	33,3	33,3	23,3	3,3	56,7	33,3	36,7	20	36,7
BITTERNESS	29	36,7	33,3	23,3	6,7	43,3	36,7	43,3	23,3	43,3
BITTERNESS	30	36,7	43,3	23,3	6,7	53,3	36,7	43,3	30	53,3
BITTERNESS	31	46,7	43,3	23,3	6,7	53,3	26,7	43,3	30	63,3
BITTERNESS	32	53,3	40	23,3	6,7	53,3	26,7	36,7	26,7	53,3
BITTERNESS	33	53,3	33,3	23,3	6,7	53,3	26,7	36,7	26,7	50
BITTERNESS	34	53,3	40	23,3	6,7	43,3	26,7	36,7	26,7	50
BITTERNESS	35	53,3	40	30	13,3	36,7	26,7	36,7	26,7	53,3
BITTERNESS	36	60	40	30	13,3	36,7	26,7	36,7	23,3	36,7
BITTERNESS	37	53,3	50	36,7	13,3	43,3	26,7	23,3	20	46,7
BITTERNESS	38	43,3	50	36,7	10	53,3	26,7	23,3	23,3	46,7
BITTERNESS	39	43,3	50	36,7	10	53,3	30	33,3	23,3	46,7
BITTERNESS	40	43,3	50	43,3	10	53,3	30	33,3	23,3	46,7
BITTERNESS	41	36,7	46,7	43,3	13,3	46,7	30	30	23,3	53,3
BITTERNESS	42	36,7	56,7	40	23,3	46,7	26,7	33,3	23,3	53,3
BITTERNESS	43	33,3	46,7	43,3	26,7	26,7	36,7	26,7	33,3	33,3
BITTERNESS	44	26,7	46,7	26,7	16,7	16,7	26,7	33,3	33,3	30
BITTERNESS	45	26,7	36,7	16,7	13,3	20	16,7	33,3	26,7	30
BITTERNESS	46	26,7	16,7	20	10	16,7	6,7	23,3	16,7	36,7
BITTERNESS	47	26,7	23,3	20	10	10	13,3	3,3	10	36,7
BITTERNESS	48	23,3	30	23,3	10	10	13,3	10	10	33,3
BITTERNESS	49	33,3	30	23,3	16,7	10	13,3	10	10	33,3
BITTERNESS	50	33,3	33,3	13,3	16,7	10	13,3	10	16,7	36,7
BITTERNESS	51	33,3	33,3	6,7	23,3	10	10	10	16,7	43,3
BITTERNESS	52	23,3	33,3	13,3	16,7	10	10	10	16,7	26,7
BITTERNESS	53	33,3	13,3	23,3	16,7	23,3	16,7	10	16,7	26,7
BITTERNESS	54	33,3	3,3	23,3	10	33,3	6,7	10	13,3	26,7
BITTERNESS	55	33,3	3,3	23,3	10	33,3	13,3	10	20	26,7

BITTERNESS	56	33,3	10	23,3	10	40	13,3	0	20	26,7
BITTERNESS	57	33,3	10	30	10	40	13,3	0	20	26,7
BITTERNESS	58	40	10	30	10	53,3	26,7	0	26,7	26,7
BITTERNESS	59	46,7	10	30	10	53,3	36,7	13,3	26,7	33,3
BITTERNESS	60	40	10	36,7	6,7	43,3	36,7	13,3	33,3	40
BITTERNESS	61	40	10	46,7	6,7	43,3	36,7	13,3	33,3	30
BITTERNESS	62	30	6,7	43,3	6,7	43,3	36,7	13,3	33,3	23,3
BITTERNESS	63	30	13,3	40	16,7	43,3	36,7	20	26,7	30
BITTERNESS	64	30	23,3	46,7	16,7	43,3	36,7	20	26,7	36,7
BITTERNESS	65	30	23,3	46,7	23,3	43,3	46,7	30	26,7	26,7
BITTERNESS	66	40	30	46,7	23,3	43,3	53,3	30	36,7	26,7
BITTERNESS	67	60	30	53,3	23,3	53,3	53,3	40	26,7	26,7
BITTERNESS	68	66,7	30	53,3	23,3	53,3	53,3	40	26,7	26,7
BITTERNESS	69	66,7	30	63,3	23,3	46,7	53,3	40	26,7	26,7
BITTERNESS	70	66,7	30	63,3	23,3	46,7	53,3	33,3	26,7	26,7
BITTERNESS	71	66,7	30	63,3	23,3	46,7	53,3	40	26,7	26,7
BITTERNESS	72	66,7	30	63,3	23,3	46,7	53,3	40	26,7	36,7
BITTERNESS	73	66,7	40	63,3	23,3	40	53,3	40	26,7	36,7
BITTERNESS	74	66,7	50	63,3	30	50	46,7	50	26,7	40
BITTERNESS	75	66,7	50	63,3	46,7	50	56,7	50	43,3	50
BITTERNESS	76	66,7	56,7	63,3	46,7	50	63,3	66,7	43,3	56,7
BITTERNESS	77	66,7	56,7	63,3	40	50	63,3	66,7	43,3	56,7
BITTERNESS	78	56,7	66,7	53,3	40	50	63,3	66,7	43,3	56,7
BITTERNESS	79	56,7	66,7	63,3	40	60	63,3	66,7	43,3	56,7
BITTERNESS	80	56,7	66,7	63,3	40	60	53,3	73,3	53,3	56,7
BITTERNESS	81	56,7	66,7	63,3	40	60	46,7	73,3	53,3	56,7
BITTERNESS	82	56,7	66,7	63,3	46,7	60	46,7	73,3	53,3	66,7
BITTERNESS	83	56,7	66,7	56,7	46,7	66,7	46,7	73,3	56,7	66,7
BITTERNESS	84	56,7	56,7	66,7	46,7	66,7	56,7	73,3	56,7	66,7
BITTERNESS	85	56,7	56,7	66,7	46,7	66,7	56,7	73,3	56,7	56,7
BITTERNESS	86	56,7	66,7	66,7	40	66,7	56,7	73,3	56,7	56,7
BITTERNESS	87	56,7	66,7	66,7	46,7	66,7	56,7	73,3	50	56,7
BITTERNESS	88	56,7	60	66,7	56,7	66,7	56,7	73,3	50	56,7
BITTERNESS	89	56,7	60	66,7	56,7	66,7	56,7	63,3	50	56,7
BITTERNESS	90	50	60	60	56,7	66,7	56,7	63,3	50	56,7
BITTERNESS	91	50	56,7	60	56,7	66,7	56,7	56,7	50	56,7
BITTERNESS	92	50	56,7	60	56,7	66,7	56,7	60	50	56,7
BITTERNESS	93	50	50	60	56,7	66,7	56,7	60	50	56,7
BITTERNESS	94	36,7	50	60	56,7	66,7	56,7	60	50	56,7
BITTERNESS	95	36,7	50	60	56,7	73,3	50	60	50	56,7
BITTERNESS	96	36,7	40	60	56,7	73,3	50	60	50	46,7
BITTERNESS	97	36,7	40	60	56,7	66,7	50	60	50	46,7
BITTERNESS	98	36,7	40	60	56,7	66,7	50	53,3	50	46,7
BITTERNESS	99	36,7	40	50	56,7	66,7	50	53,3	50	46,7

BITTERNESS	100	36,7	40	50	56,7	66,7	50	53,3	43,3	46,7
------------	-----	------	----	----	------	------	----	------	------	------

Tabelle 11: Rohdaten der Dominanzraten des Attributs Adstringenz

Adstringenz (ADSTRINGENCY) Panel-Dominanzrate in %										
		Egger			Stiegl			Zipfer		
Attribut	Zeit	MÄRZEN	SPRIZZ	ZISCH	FREIBIER	GOLDBRÄU	LEICHT	3	HELL	URTYP
ADSTRINGENCY	0	0	0	0	10	0	3,3	0	0	0
ADSTRINGENCY	1	0	0	0	10	6,7	3,3	0	0	0
ADSTRINGENCY	2	6,7	0	3,3	16,7	6,7	6,7	3,3	0	3,3
ADSTRINGENCY	3	16,7	16,7	10	6,7	6,7	6,7	16,7	0	20
ADSTRINGENCY	4	26,7	16,7	16,7	6,7	6,7	10	23,3	6,7	30
ADSTRINGENCY	5	26,7	23,3	16,7	6,7	6,7	26,7	23,3	6,7	30
ADSTRINGENCY	6	26,7	23,3	6,7	16,7	16,7	26,7	23,3	6,7	33,3
ADSTRINGENCY	7	26,7	23,3	6,7	23,3	16,7	26,7	33,3	10	33,3
ADSTRINGENCY	8	23,3	23,3	6,7	23,3	10	36,7	33,3	10	33,3
ADSTRINGENCY	9	23,3	23,3	6,7	16,7	16,7	36,7	33,3	10	36,7
ADSTRINGENCY	10	23,3	13,3	6,7	16,7	6,7	30	26,7	20	30
ADSTRINGENCY	11	23,3	3,3	16,7	16,7	10	30	16,7	20	26,7
ADSTRINGENCY	12	20	3,3	16,7	16,7	13,3	30	16,7	40	26,7
ADSTRINGENCY	13	20	3,3	16,7	16,7	23,3	30	16,7	40	16,7
ADSTRINGENCY	14	30	3,3	6,7	16,7	20	30	16,7	33,3	23,3
ADSTRINGENCY	15	30	0	6,7	16,7	20	20	10	20	33,3
ADSTRINGENCY	16	43,3	0	0	16,7	23,3	23,3	10	20	33,3
ADSTRINGENCY	17	43,3	6,7	0	16,7	23,3	23,3	26,7	23,3	50
ADSTRINGENCY	18	43,3	6,7	0	16,7	23,3	23,3	26,7	13,3	50
ADSTRINGENCY	19	43,3	6,7	0	16,7	23,3	13,3	26,7	13,3	50
ADSTRINGENCY	20	43,3	6,7	0	16,7	33,3	13,3	16,7	3,3	40
ADSTRINGENCY	21	36,7	6,7	0	16,7	33,3	13,3	16,7	3,3	33,3
ADSTRINGENCY	22	23,3	16,7	0	16,7	30	13,3	16,7	0	26,7
ADSTRINGENCY	23	23,3	20	0	3,3	23,3	6,7	16,7	0	26,7
ADSTRINGENCY	24	23,3	20	0	3,3	23,3	6,7	16,7	0	26,7
ADSTRINGENCY	25	13,3	23,3	3,3	3,3	23,3	6,7	16,7	0	16,7
ADSTRINGENCY	26	13,3	23,3	3,3	3,3	23,3	6,7	16,7	6,7	16,7
ADSTRINGENCY	27	23,3	26,7	3,3	3,3	23,3	6,7	16,7	6,7	16,7
ADSTRINGENCY	28	13,3	26,7	3,3	3,3	13,3	6,7	0	6,7	16,7
ADSTRINGENCY	29	10	26,7	3,3	3,3	10	3,3	0	6,7	20
ADSTRINGENCY	30	10	26,7	3,3	3,3	0	3,3	3,3	6,7	16,7
ADSTRINGENCY	31	13,3	23,3	3,3	3,3	0	10	3,3	6,7	6,7
ADSTRINGENCY	32	13,3	23,3	3,3	3,3	0	10	3,3	6,7	20
ADSTRINGENCY	33	16,7	20	3,3	3,3	0	10	3,3	6,7	23,3
ADSTRINGENCY	34	16,7	20	3,3	3,3	0	10	3,3	6,7	23,3
ADSTRINGENCY	35	16,7	20	3,3	6,7	0	10	3,3	6,7	10
ADSTRINGENCY	36	6,7	13,3	3,3	6,7	0	10	3,3	13,3	6,7

ADSTRINGENCY	37	6,7	3,3	0	6,7	0	10	3,3	16,7	6,7
ADSTRINGENCY	38	6,7	3,3	0	6,7	0	10	3,3	16,7	6,7
ADSTRINGENCY	39	10	3,3	0	6,7	0	16,7	3,3	16,7	6,7
ADSTRINGENCY	40	10	3,3	0	6,7	0	16,7	3,3	16,7	6,7
ADSTRINGENCY	41	16,7	10	6,7	13,3	6,7	16,7	16,7	16,7	13,3
ADSTRINGENCY	42	23,3	10	13,3	13,3	6,7	23,3	23,3	16,7	13,3
ADSTRINGENCY	43	30	30	20	13,3	30	23,3	23,3	16,7	23,3
ADSTRINGENCY	44	30	30	20	16,7	50	33,3	16,7	20	33,3
ADSTRINGENCY	45	40	30	23,3	6,7	40	26,7	16,7	23,3	33,3
ADSTRINGENCY	46	46,7	40	3,3	0	33,3	16,7	26,7	13,3	33,3
ADSTRINGENCY	47	46,7	23,3	3,3	0	40	16,7	30	30	33,3
ADSTRINGENCY	48	40	23,3	3,3	0	43,3	16,7	30	30	26,7
ADSTRINGENCY	49	40	20	3,3	10	43,3	20	23,3	30	26,7
ADSTRINGENCY	50	40	16,7	13,3	10	43,3	30	23,3	26,7	23,3
ADSTRINGENCY	51	40	16,7	10	10	43,3	23,3	23,3	26,7	16,7
ADSTRINGENCY	52	40	26,7	10	20	43,3	23,3	23,3	26,7	23,3
ADSTRINGENCY	53	26,7	50	10	20	46,7	26,7	23,3	30	23,3
ADSTRINGENCY	54	26,7	50	10	20	33,3	40	23,3	13,3	23,3
ADSTRINGENCY	55	26,7	53,3	10	20	23,3	33,3	23,3	13,3	23,3
ADSTRINGENCY	56	26,7	53,3	10	13,3	20	33,3	43,3	13,3	23,3
ADSTRINGENCY	57	26,7	46,7	10	13,3	20	33,3	53,3	13,3	23,3
ADSTRINGENCY	58	30	46,7	10	16,7	16,7	30	53,3	16,7	23,3
ADSTRINGENCY	59	33,3	46,7	10	16,7	16,7	26,7	50	16,7	16,7
ADSTRINGENCY	60	40	46,7	13,3	30	16,7	26,7	50	20	20
ADSTRINGENCY	61	40	46,7	3,3	40	20	26,7	50	20	23,3
ADSTRINGENCY	62	53,3	40	10	40	20	26,7	50	23,3	30
ADSTRINGENCY	63	53,3	43,3	26,7	26,7	20	26,7	33,3	23,3	23,3
ADSTRINGENCY	64	53,3	30	26,7	16,7	20	26,7	33,3	23,3	23,3
ADSTRINGENCY	65	53,3	30	26,7	20	20	16,7	23,3	23,3	36,7
ADSTRINGENCY	66	43,3	33,3	26,7	20	20	16,7	23,3	13,3	36,7
ADSTRINGENCY	67	30	33,3	20	20	20	16,7	10	26,7	36,7
ADSTRINGENCY	68	23,3	33,3	20	20	20	16,7	10	26,7	36,7
ADSTRINGENCY	69	23,3	33,3	6,7	20	26,7	16,7	10	26,7	36,7
ADSTRINGENCY	70	16,7	33,3	6,7	20	26,7	16,7	10	26,7	46,7
ADSTRINGENCY	71	16,7	33,3	6,7	20	26,7	16,7	3,3	26,7	46,7
ADSTRINGENCY	72	16,7	33,3	6,7	20	26,7	16,7	3,3	26,7	46,7
ADSTRINGENCY	73	16,7	23,3	6,7	20	33,3	16,7	3,3	20	46,7
ADSTRINGENCY	74	16,7	16,7	6,7	23,3	33,3	16,7	3,3	20	36,7
ADSTRINGENCY	75	16,7	16,7	6,7	23,3	33,3	16,7	3,3	6,7	23,3
ADSTRINGENCY	76	16,7	16,7	6,7	23,3	33,3	16,7	3,3	6,7	16,7
ADSTRINGENCY	77	23,3	23,3	6,7	30	26,7	16,7	3,3	6,7	16,7
ADSTRINGENCY	78	23,3	13,3	20	30	26,7	16,7	3,3	6,7	16,7
ADSTRINGENCY	79	23,3	13,3	20	30	13,3	16,7	3,3	6,7	16,7
ADSTRINGENCY	80	23,3	13,3	20	30	13,3	30	6,7	6,7	16,7

ADSTRINGENCY	81	23,3	13,3	20	30	13,3	30	6,7	6,7	16,7
ADSTRINGENCY	82	23,3	13,3	20	23,3	13,3	30	6,7	6,7	6,7
ADSTRINGENCY	83	23,3	13,3	16,7	23,3	6,7	30	6,7	6,7	6,7
ADSTRINGENCY	84	23,3	26,7	3,3	23,3	6,7	16,7	6,7	6,7	6,7
ADSTRINGENCY	85	23,3	26,7	3,3	23,3	6,7	16,7	6,7	6,7	20
ADSTRINGENCY	86	16,7	13,3	3,3	23,3	6,7	16,7	6,7	6,7	20
ADSTRINGENCY	87	16,7	13,3	3,3	23,3	6,7	6,7	6,7	6,7	20
ADSTRINGENCY	88	16,7	13,3	3,3	23,3	6,7	6,7	6,7	6,7	20
ADSTRINGENCY	89	16,7	13,3	3,3	23,3	6,7	6,7	20	6,7	26,7
ADSTRINGENCY	90	23,3	13,3	10	23,3	6,7	6,7	20	3,3	26,7
ADSTRINGENCY	91	23,3	6,7	10	23,3	6,7	6,7	20	3,3	26,7
ADSTRINGENCY	92	23,3	6,7	10	23,3	6,7	6,7	13,3	10	26,7
ADSTRINGENCY	93	23,3	6,7	10	23,3	6,7	13,3	13,3	10	26,7
ADSTRINGENCY	94	20	6,7	10	23,3	6,7	13,3	13,3	10	26,7
ADSTRINGENCY	95	20	6,7	10	23,3	6,7	20	13,3	10	26,7
ADSTRINGENCY	96	20	6,7	10	23,3	6,7	20	13,3	10	20
ADSTRINGENCY	97	20	6,7	3,3	23,3	3,3	20	13,3	10	20
ADSTRINGENCY	98	20	6,7	3,3	23,3	3,3	20	10	10	20
ADSTRINGENCY	99	20	6,7	3,3	23,3	3,3	20	10	10	20
ADSTRINGENCY	100	20	6,7	3,3	23,3	3,3	20	10	10	20

Tabelle 12: Rohdaten der Dominanzraten des Attributs Würzeffavour

Würzeffavour (WORTY) Panel-Dominanzrate in %										
		Egger			Stiegl			Zipfer		
Attribut	Zeit	MärZEN	SPRIZZ	ZISCH	FREIBIER	GOLDBRÄU	LEICHT	3	HELL	URTYP
WORTY	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
WORTY	1	0	0	0	10	0	0	0	3,3	0
WORTY	2	0	0	0	20	0	3,3	0	3,3	0
WORTY	3	0	30	20	36,7	0	13,3	0	20	0
WORTY	4	3,3	30	40	50	3,3	13,3	13,3	40	0
WORTY	5	3,3	40	40	50	3,3	20	23,3	56,7	0
WORTY	6	3,3	30	46,7	23,3	3,3	20	23,3	63,3	0
WORTY	7	3,3	30	46,7	20	3,3	20	23,3	63,3	0
WORTY	8	3,3	30	46,7	30	6,7	20	30	56,7	0
WORTY	9	3,3	36,7	56,7	36,7	6,7	20	30	56,7	0
WORTY	10	3,3	40	50	36,7	6,7	23,3	26,7	46,7	3,3
WORTY	11	3,3	43,3	40	43,3	6,7	30	26,7	46,7	6,7
WORTY	12	3,3	40	40	43,3	3,3	20	10	26,7	6,7
WORTY	13	6,7	40	40	43,3	3,3	16,7	10	26,7	10
WORTY	14	6,7	40	40	50	3,3	16,7	20	36,7	10
WORTY	15	6,7	30	40	40	3,3	13,3	23,3	36,7	10
WORTY	16	6,7	36,7	46,7	40	0	13,3	33,3	36,7	10
WORTY	17	6,7	40	46,7	40	0	16,7	23,3	30	10

WORTY	18	6,7	33,3	36,7	40	0	16,7	20	16,7	6,7
WORTY	19	6,7	33,3	30	40	0	16,7	23,3	26,7	6,7
WORTY	20	6,7	23,3	26,7	46,7	0	16,7	23,3	36,7	6,7
WORTY	21	6,7	23,3	26,7	40	0	16,7	20	46,7	10
WORTY	22	10	23,3	16,7	36,7	0	16,7	20	53,3	6,7
WORTY	23	10	13,3	16,7	46,7	3,3	20	20	46,7	6,7
WORTY	24	10	13,3	13,3	43,3	3,3	16,7	20	46,7	6,7
WORTY	25	10	16,7	13,3	43,3	6,7	16,7	20	53,3	6,7
WORTY	26	10	16,7	20	33,3	6,7	16,7	16,7	50	6,7
WORTY	27	6,7	13,3	30	43,3	10	16,7	16,7	46,7	6,7
WORTY	28	3,3	13,3	26,7	43,3	10	36,7	6,7	40	6,7
WORTY	29	0	13,3	26,7	40	13,3	36,7	6,7	36,7	3,3
WORTY	30	0	13,3	26,7	40	13,3	36,7	6,7	40	3,3
WORTY	31	0	13,3	23,3	40	13,3	33,3	6,7	40	3,3
WORTY	32	0	16,7	23,3	40	13,3	33,3	6,7	33,3	3,3
WORTY	33	0	20	23,3	40	13,3	33,3	10	33,3	3,3
WORTY	34	0	23,3	23,3	33,3	13,3	30	10	33,3	3,3
WORTY	35	0	23,3	23,3	20	10	30	10	30	3,3
WORTY	36	3,3	30	23,3	20	10	30	20	23,3	6,7
WORTY	37	3,3	30	26,7	20	10	30	23,3	16,7	6,7
WORTY	38	3,3	30	26,7	13,3	10	30	23,3	13,3	6,7
WORTY	39	3,3	30	26,7	23,3	10	26,7	20	13,3	6,7
WORTY	40	3,3	30	30	23,3	10	26,7	20	13,3	6,7
WORTY	41	0	23,3	23,3	20	6,7	26,7	13,3	13,3	6,7
WORTY	42	0	13,3	20	20	6,7	20	10	13,3	6,7
WORTY	43	3,3	10	16,7	16,7	0	10	10	10	6,7
WORTY	44	10	10	23,3	13,3	0	10	0	10	6,7
WORTY	45	10	10	13,3	20	0	10	0	16,7	6,7
WORTY	46	6,7	6,7	23,3	20	3,3	20	0	26,7	6,7
WORTY	47	6,7	6,7	23,3	10	6,7	20	10	23,3	6,7
WORTY	48	10	6,7	30	10	6,7	10	10	13,3	6,7
WORTY	49	10	6,7	23,3	20	6,7	10	20	13,3	6,7
WORTY	50	10	6,7	23,3	20	3,3	10	20	16,7	3,3
WORTY	51	10	6,7	26,7	23,3	3,3	13,3	20	16,7	10
WORTY	52	10	6,7	26,7	20	3,3	13,3	30	26,7	10
WORTY	53	10	10	16,7	10	3,3	13,3	30	23,3	10
WORTY	54	10	20	16,7	10	3,3	13,3	33,3	26,7	10
WORTY	55	10	20	16,7	10	0	16,7	33,3	26,7	10
WORTY	56	10	13,3	13,3	3,3	3,3	16,7	26,7	26,7	10
WORTY	57	10	16,7	16,7	13,3	3,3	16,7	16,7	23,3	10
WORTY	58	6,7	26,7	16,7	13,3	6,7	16,7	16,7	16,7	10
WORTY	59	3,3	26,7	16,7	16,7	6,7	23,3	16,7	16,7	13,3
WORTY	60	3,3	26,7	13,3	16,7	6,7	23,3	16,7	16,7	10
WORTY	61	3,3	26,7	13,3	16,7	6,7	33,3	16,7	16,7	6,7

WORTY	62	3,3	30	6,7	16,7	6,7	33,3	16,7	16,7	3,3
WORTY	63	3,3	26,7	3,3	16,7	6,7	33,3	30	16,7	3,3
WORTY	64	3,3	26,7	3,3	16,7	6,7	33,3	30	16,7	3,3
WORTY	65	3,3	26,7	3,3	10	6,7	33,3	30	26,7	3,3
WORTY	66	3,3	23,3	3,3	13,3	6,7	26,7	30	26,7	3,3
WORTY	67	3,3	23,3	16,7	23,3	6,7	26,7	30	26,7	3,3
WORTY	68	6,7	23,3	16,7	23,3	6,7	26,7	30	26,7	3,3
WORTY	69	6,7	23,3	16,7	23,3	6,7	26,7	30	26,7	3,3
WORTY	70	6,7	23,3	16,7	23,3	6,7	26,7	30	26,7	3,3
WORTY	71	6,7	23,3	16,7	23,3	6,7	26,7	30	26,7	3,3
WORTY	72	6,7	23,3	16,7	23,3	6,7	26,7	30	26,7	3,3
WORTY	73	6,7	23,3	16,7	23,3	3,3	26,7	30	26,7	3,3
WORTY	74	6,7	16,7	16,7	20	3,3	26,7	20	26,7	3,3
WORTY	75	6,7	16,7	16,7	23,3	3,3	16,7	20	30	3,3
WORTY	76	6,7	16,7	16,7	23,3	3,3	16,7	20	30	6,7
WORTY	77	6,7	16,7	16,7	23,3	3,3	16,7	20	30	6,7
WORTY	78	6,7	16,7	16,7	23,3	3,3	16,7	20	30	6,7
WORTY	79	6,7	16,7	6,7	23,3	3,3	16,7	20	36,7	6,7
WORTY	80	6,7	16,7	6,7	23,3	3,3	16,7	16,7	26,7	6,7
WORTY	81	6,7	16,7	6,7	23,3	3,3	16,7	16,7	26,7	6,7
WORTY	82	6,7	16,7	6,7	26,7	3,3	16,7	16,7	26,7	6,7
WORTY	83	6,7	16,7	6,7	26,7	6,7	16,7	16,7	23,3	6,7
WORTY	84	6,7	16,7	6,7	26,7	6,7	16,7	16,7	23,3	6,7
WORTY	85	6,7	16,7	6,7	26,7	6,7	16,7	16,7	23,3	6,7
WORTY	86	6,7	16,7	6,7	26,7	6,7	16,7	16,7	23,3	6,7
WORTY	87	6,7	16,7	6,7	26,7	6,7	16,7	16,7	23,3	6,7
WORTY	88	6,7	13,3	6,7	16,7	6,7	16,7	16,7	23,3	6,7
WORTY	89	6,7	13,3	6,7	16,7	6,7	16,7	16,7	23,3	6,7
WORTY	90	3,3	13,3	6,7	16,7	6,7	16,7	16,7	23,3	6,7
WORTY	91	3,3	23,3	6,7	16,7	6,7	16,7	16,7	23,3	6,7
WORTY	92	3,3	23,3	6,7	16,7	6,7	16,7	13,3	16,7	6,7
WORTY	93	3,3	20	6,7	16,7	6,7	16,7	13,3	16,7	6,7
WORTY	94	0	20	6,7	16,7	6,7	16,7	13,3	16,7	6,7
WORTY	95	0	20	6,7	16,7	6,7	13,3	13,3	16,7	6,7
WORTY	96	0	20	6,7	16,7	6,7	13,3	13,3	16,7	6,7
WORTY	97	0	20	6,7	16,7	6,7	13,3	13,3	16,7	6,7
WORTY	98	0	20	6,7	16,7	6,7	13,3	13,3	16,7	6,7
WORTY	99	0	20	6,7	16,7	6,7	13,3	13,3	16,7	6,7
WORTY	100	0	20	6,7	16,7	6,7	13,3	13,3	13,3	6,7

Tabelle 13: Rohdaten der Dominanzraten des Attributs Malzigkeit

Malzigkeit (MALTY) Panel-Dominanzrate in %										
		Egger			Stiegl			Zipfer		
Attribut	Zeit	MÄRZEN	SPRIZZ	ZISCH	FREIBIER	GOLDBRÄU	LEICHT	3	HELL	URTYP
MALTY	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MALTY	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MALTY	2	0	0	10	0	0	0	0	10	10
MALTY	3	20	10	10	20	50	0	0	10	10
MALTY	4	46,7	10	16,7	26,7	46,7	10	0	16,7	20
MALTY	5	46,7	10	16,7	26,7	46,7	3,3	0	16,7	20
MALTY	6	46,7	10	30	26,7	46,7	3,3	0	10	20
MALTY	7	36,7	10	30	20	46,7	3,3	0	0	20
MALTY	8	36,7	10	40	10	53,3	3,3	0	0	20
MALTY	9	36,7	0	30	13,3	53,3	3,3	0	0	20
MALTY	10	46,7	6,7	30	13,3	63,3	10	23,3	0	36,7
MALTY	11	56,7	6,7	20	13,3	53,3	10	33,3	0	43,3
MALTY	12	60	6,7	20	13,3	26,7	10	43,3	0	43,3
MALTY	13	50	16,7	20	13,3	26,7	3,3	33,3	0	43,3
MALTY	14	30	16,7	20	26,7	26,7	3,3	30	6,7	43,3
MALTY	15	30	26,7	20	26,7	26,7	16,7	40	26,7	33,3
MALTY	16	3,3	26,7	20	26,7	30	16,7	30	26,7	33,3
MALTY	17	3,3	13,3	30	16,7	30	16,7	30	26,7	23,3
MALTY	18	3,3	30	30	16,7	30	16,7	23,3	36,7	33,3
MALTY	19	3,3	30	30	16,7	30	16,7	23,3	36,7	23,3
MALTY	20	3,3	40	23,3	6,7	20	16,7	23,3	36,7	23,3
MALTY	21	13,3	40	23,3	6,7	20	16,7	26,7	26,7	23,3
MALTY	22	36,7	30	23,3	10	30	16,7	26,7	26,7	26,7
MALTY	23	36,7	30	23,3	10	30	16,7	26,7	23,3	26,7
MALTY	24	36,7	30	33,3	13,3	30	16,7	26,7	23,3	26,7
MALTY	25	26,7	26,7	36,7	13,3	20	16,7	26,7	13,3	26,7
MALTY	26	26,7	26,7	40	23,3	20	16,7	26,7	16,7	36,7
MALTY	27	36,7	20	30	23,3	10	16,7	36,7	26,7	36,7
MALTY	28	30	20	40	23,3	20	6,7	46,7	33,3	30
MALTY	29	30	20	40	33,3	33,3	16,7	40	33,3	23,3
MALTY	30	30	10	40	33,3	33,3	16,7	30	13,3	10
MALTY	31	20	20	43,3	33,3	33,3	23,3	30	13,3	10
MALTY	32	13,3	10	43,3	33,3	33,3	23,3	36,7	23,3	6,7
MALTY	33	20	16,7	43,3	33,3	33,3	23,3	43,3	23,3	16,7
MALTY	34	20	16,7	43,3	33,3	43,3	16,7	43,3	23,3	16,7
MALTY	35	20	16,7	36,7	36,7	53,3	16,7	43,3	16,7	26,7
MALTY	36	30	16,7	36,7	46,7	53,3	16,7	33,3	16,7	43,3
MALTY	37	36,7	16,7	36,7	36,7	46,7	16,7	43,3	16,7	33,3
MALTY	38	46,7	16,7	36,7	36,7	36,7	16,7	43,3	26,7	33,3

MALTY	39	36,7	16,7	36,7	26,7	36,7	10	36,7	26,7	33,3
MALTY	40	36,7	16,7	26,7	26,7	36,7	10	36,7	26,7	33,3
MALTY	41	36,7	16,7	26,7	20	36,7	10	30	26,7	26,7
MALTY	42	30	16,7	26,7	20	36,7	10	23,3	26,7	26,7
MALTY	43	30	10	16,7	30	40	10	30	30	33,3
MALTY	44	33,3	10	26,7	30	30	10	30	20	26,7
MALTY	45	23,3	20	46,7	43,3	36,7	20	30	20	26,7
MALTY	46	16,7	20	53,3	43,3	43,3	30	30	30	20
MALTY	47	16,7	20	53,3	53,3	40	23,3	36,7	23,3	20
MALTY	48	23,3	13,3	43,3	53,3	30	33,3	30	23,3	20
MALTY	49	13,3	13,3	50	36,7	30	33,3	30	23,3	20
MALTY	50	13,3	23,3	50	36,7	23,3	23,3	30	23,3	20
MALTY	51	13,3	23,3	56,7	43,3	23,3	30	30	23,3	26,7
MALTY	52	23,3	13,3	50	33,3	23,3	30	20	23,3	36,7
MALTY	53	26,7	16,7	50	33,3	16,7	30	20	16,7	36,7
MALTY	54	26,7	16,7	50	40	20	26,7	26,7	33,3	36,7
MALTY	55	26,7	16,7	50	40	23,3	26,7	26,7	33,3	36,7
MALTY	56	26,7	16,7	53,3	46,7	23,3	26,7	23,3	33,3	36,7
MALTY	57	26,7	16,7	43,3	36,7	23,3	26,7	23,3	26,7	36,7
MALTY	58	20	6,7	43,3	36,7	23,3	20	23,3	23,3	36,7
MALTY	59	13,3	6,7	43,3	33,3	23,3	13,3	16,7	23,3	36,7
MALTY	60	13,3	6,7	36,7	23,3	33,3	13,3	16,7	23,3	30
MALTY	61	13,3	6,7	36,7	13,3	30	3,3	16,7	23,3	40
MALTY	62	10	13,3	36,7	13,3	30	3,3	16,7	23,3	40
MALTY	63	10	6,7	26,7	16,7	30	3,3	16,7	23,3	40
MALTY	64	10	10	20	26,7	30	3,3	16,7	23,3	33,3
MALTY	65	10	10	20	23,3	30	3,3	16,7	13,3	30
MALTY	66	10	3,3	20	30	30	3,3	16,7	13,3	30
MALTY	67	3,3	3,3	10	30	20	3,3	20	10	30
MALTY	68	3,3	3,3	10	30	20	3,3	20	10	30
MALTY	69	3,3	3,3	13,3	30	20	3,3	20	10	30
MALTY	70	10	3,3	13,3	30	20	3,3	26,7	10	20
MALTY	71	10	3,3	13,3	30	20	3,3	26,7	10	20
MALTY	72	10	3,3	13,3	30	20	3,3	26,7	10	10
MALTY	73	10	3,3	13,3	30	20	3,3	26,7	20	10
MALTY	74	10	10	13,3	23,3	10	10	26,7	20	16,7
MALTY	75	10	10	13,3	3,3	10	10	26,7	13,3	20
MALTY	76	10	3,3	13,3	3,3	10	3,3	10	13,3	20
MALTY	77	3,3	3,3	13,3	3,3	10	3,3	10	13,3	20
MALTY	78	13,3	3,3	10	3,3	10	3,3	10	13,3	20
MALTY	79	13,3	3,3	10	3,3	13,3	3,3	10	13,3	20
MALTY	80	13,3	3,3	10	3,3	13,3	0	3,3	13,3	20
MALTY	81	13,3	3,3	10	3,3	13,3	6,7	3,3	13,3	20
MALTY	82	13,3	3,3	10	3,3	13,3	6,7	3,3	13,3	20

MALTY	83	13,3	3,3	10	3,3	13,3	6,7	3,3	13,3	20
MALTY	84	13,3	0	13,3	3,3	13,3	10	3,3	13,3	20
MALTY	85	13,3	0	13,3	3,3	13,3	10	3,3	13,3	16,7
MALTY	86	13,3	3,3	13,3	10	13,3	10	3,3	13,3	16,7
MALTY	87	13,3	3,3	13,3	3,3	13,3	10	3,3	20	16,7
MALTY	88	13,3	3,3	13,3	3,3	13,3	10	3,3	20	16,7
MALTY	89	13,3	3,3	13,3	3,3	13,3	10	0	20	10
MALTY	90	13,3	3,3	13,3	3,3	13,3	10	0	13,3	10
MALTY	91	13,3	3,3	13,3	3,3	13,3	10	0	13,3	10
MALTY	92	13,3	3,3	13,3	3,3	13,3	10	3,3	13,3	10
MALTY	93	13,3	3,3	13,3	3,3	13,3	3,3	3,3	13,3	10
MALTY	94	13,3	3,3	13,3	3,3	13,3	3,3	3,3	13,3	10
MALTY	95	13,3	3,3	13,3	3,3	13,3	3,3	3,3	13,3	10
MALTY	96	13,3	3,3	13,3	3,3	13,3	3,3	3,3	13,3	16,7
MALTY	97	13,3	3,3	13,3	3,3	13,3	3,3	3,3	13,3	16,7
MALTY	98	13,3	3,3	13,3	3,3	13,3	3,3	3,3	13,3	16,7
MALTY	99	13,3	3,3	13,3	3,3	13,3	3,3	3,3	13,3	16,7
MALTY	100	13,3	3,3	13,3	3,3	13,3	3,3	3,3	13,3	16,7

Tabelle 14: Rohdaten der Dominanzraten des Attributs Fruchtigkeit

Fruchtigkeit (FRUITY) Panel-Dominanzrate in %										
		Egger			Stiegl			Zipfer		
Attribut	Zeit	MÄRZEN	SPRIZZ	ZISCH	FREIBIER	GOLDBRÄU	LEICHT	3	HELL	URTYP
FRUITY	0	0	0	0	0	0	6,7	0	0	0
FRUITY	1	0	0	0	0	0	6,7	0	10	0
FRUITY	2	0	0	6,7	3,3	0	20	6,7	10	6,7
FRUITY	3	0	10	6,7	3,3	0	20	13,3	10	6,7
FRUITY	4	10	10	10	3,3	0	36,7	33,3	3,3	6,7
FRUITY	5	10	10	10	3,3	0	36,7	33,3	3,3	6,7
FRUITY	6	10	10	13,3	10	10	46,7	33,3	13,3	16,7
FRUITY	7	10	10	13,3	20	20	40	33,3	20	16,7
FRUITY	8	10	10	3,3	20	20	30	26,7	26,7	16,7
FRUITY	9	20	10	3,3	20	20	30	26,7	26,7	13,3
FRUITY	10	10	20	10	30	20	30	16,7	26,7	13,3
FRUITY	11	0	26,7	20	23,3	26,7	23,3	16,7	26,7	13,3
FRUITY	12	0	36,7	20	23,3	26,7	23,3	23,3	26,7	13,3
FRUITY	13	0	36,7	20	23,3	26,7	33,3	23,3	26,7	13,3
FRUITY	14	0	36,7	20	3,3	36,7	23,3	23,3	10	13,3
FRUITY	15	0	30	20	13,3	36,7	23,3	10	3,3	13,3
FRUITY	16	0	23,3	13,3	13,3	16,7	13,3	10	13,3	13,3
FRUITY	17	0	13,3	13,3	23,3	16,7	20	0	20	16,7
FRUITY	18	0	3,3	13,3	23,3	16,7	20	10	16,7	6,7
FRUITY	19	0	3,3	20	23,3	16,7	20	10	16,7	16,7

FRUITY	20	0	0	30	23,3	16,7	20	10	16,7	16,7
FRUITY	21	0	0	30	30	16,7	20	20	16,7	13,3
FRUITY	22	0	0	30	30	10	20	20	10	20
FRUITY	23	0	6,7	30	36,7	0	16,7	20	20	20
FRUITY	24	0	6,7	20	36,7	0	16,7	20	20	20
FRUITY	25	10	6,7	16,7	36,7	0	16,7	20	20	20
FRUITY	26	10	6,7	16,7	36,7	0	16,7	20	20	10
FRUITY	27	10	6,7	6,7	26,7	0	16,7	10	10	10
FRUITY	28	20	6,7	6,7	26,7	0	16,7	10	0	10
FRUITY	29	23,3	6,7	6,7	16,7	0	6,7	10	0	10
FRUITY	30	23,3	6,7	6,7	16,7	0	6,7	16,7	10	16,7
FRUITY	31	20	0	6,7	16,7	0	6,7	16,7	10	16,7
FRUITY	32	20	10	6,7	16,7	0	6,7	16,7	10	16,7
FRUITY	33	10	10	6,7	16,7	0	6,7	6,7	10	6,7
FRUITY	34	10	0	6,7	23,3	0	16,7	6,7	10	6,7
FRUITY	35	10	0	6,7	23,3	0	16,7	6,7	20	6,7
FRUITY	36	0	0	6,7	13,3	0	16,7	6,7	23,3	6,7
FRUITY	37	0	0	0	23,3	0	16,7	6,7	30	6,7
FRUITY	38	0	0	0	33,3	0	16,7	6,7	20	6,7
FRUITY	39	6,7	0	0	33,3	0	16,7	6,7	20	6,7
FRUITY	40	6,7	0	0	33,3	0	16,7	6,7	20	6,7
FRUITY	41	10	3,3	0	33,3	3,3	16,7	10	20	0
FRUITY	42	10	3,3	0	23,3	3,3	20	10	20	0
FRUITY	43	3,3	3,3	3,3	13,3	3,3	20	10	10	3,3
FRUITY	44	0	3,3	3,3	23,3	3,3	20	20	16,7	3,3
FRUITY	45	0	3,3	0	16,7	3,3	26,7	20	13,3	3,3
FRUITY	46	3,3	16,7	0	26,7	3,3	26,7	20	13,3	3,3
FRUITY	47	3,3	26,7	0	26,7	3,3	26,7	20	13,3	3,3
FRUITY	48	3,3	26,7	0	26,7	10	26,7	20	23,3	13,3
FRUITY	49	3,3	30	0	16,7	10	23,3	16,7	23,3	13,3
FRUITY	50	3,3	20	0	16,7	20	23,3	16,7	16,7	16,7
FRUITY	51	3,3	20	0	0	20	23,3	16,7	16,7	3,3
FRUITY	52	3,3	20	0	10	20	23,3	16,7	6,7	3,3
FRUITY	53	3,3	10	0	20	10	13,3	16,7	13,3	3,3
FRUITY	54	3,3	10	0	20	10	13,3	6,7	13,3	3,3
FRUITY	55	3,3	6,7	0	20	20	10	6,7	6,7	3,3
FRUITY	56	3,3	6,7	0	26,7	13,3	10	6,7	6,7	3,3
FRUITY	57	3,3	10	0	26,7	13,3	10	6,7	16,7	3,3
FRUITY	58	3,3	10	0	23,3	0	6,7	6,7	16,7	3,3
FRUITY	59	3,3	10	0	23,3	0	0	3,3	16,7	0
FRUITY	60	3,3	10	0	23,3	0	0	3,3	6,7	0
FRUITY	61	3,3	10	0	23,3	0	0	3,3	6,7	0
FRUITY	62	3,3	10	3,3	23,3	0	0	3,3	3,3	3,3
FRUITY	63	3,3	10	3,3	23,3	0	0	0	10	3,3

FRUITY	64	3,3	10	3,3	23,3	0	0	0	10	3,3
FRUITY	65	3,3	10	3,3	23,3	0	0	0	10	3,3
FRUITY	66	3,3	10	3,3	13,3	0	0	0	10	3,3
FRUITY	67	3,3	10	0	3,3	0	0	0	10	3,3
FRUITY	68	0	10	0	3,3	0	0	0	10	3,3
FRUITY	69	0	10	0	3,3	0	0	0	10	3,3
FRUITY	70	0	10	0	3,3	0	0	0	10	3,3
FRUITY	71	0	10	0	3,3	0	0	0	10	3,3
FRUITY	72	0	10	0	3,3	0	0	0	10	3,3
FRUITY	73	0	10	0	3,3	3,3	0	0	6,7	3,3
FRUITY	74	0	6,7	0	3,3	3,3	0	0	6,7	3,3
FRUITY	75	0	6,7	0	3,3	3,3	0	0	6,7	3,3
FRUITY	76	0	6,7	0	3,3	3,3	0	0	6,7	0
FRUITY	77	0	0	0	3,3	10	0	0	6,7	0
FRUITY	78	0	0	0	3,3	10	0	0	6,7	0
FRUITY	79	0	0	0	3,3	10	0	0	0	0
FRUITY	80	0	0	0	3,3	10	0	0	0	0
FRUITY	81	0	0	0	3,3	10	0	0	0	0
FRUITY	82	0	0	0	0	10	0	0	0	0
FRUITY	83	0	0	0	0	6,7	0	0	0	0
FRUITY	84	0	0	0	0	6,7	0	0	0	0
FRUITY	85	0	0	0	0	6,7	0	0	0	0
FRUITY	86	6,7	0	0	0	6,7	0	0	0	0
FRUITY	87	6,7	0	0	0	6,7	0	0	0	0
FRUITY	88	6,7	0	0	0	6,7	0	0	0	0
FRUITY	89	6,7	0	0	0	6,7	0	0	0	0
FRUITY	90	10	0	0	0	6,7	0	0	0	0
FRUITY	91	10	0	0	0	6,7	0	6,7	0	0
FRUITY	92	10	0	0	0	6,7	0	10	0	0
FRUITY	93	10	0	0	0	6,7	0	10	0	0
FRUITY	94	10	0	0	0	6,7	0	10	0	0
FRUITY	95	10	0	0	0	0	3,3	10	0	0
FRUITY	96	10	0	0	0	0	3,3	10	0	0
FRUITY	97	10	0	6,7	0	0	3,3	10	0	0
FRUITY	98	10	0	6,7	0	0	3,3	10	0	0
FRUITY	99	10	0	6,7	0	0	3,3	10	0	0
FRUITY	100	10	0	6,7	0	0	3,3	10	0	0

11 Curriculum Vitae

Persönliche Daten:

Vor- und Zuname:	Raphael Benedikt Sulzner, BSc
Geburtsdatum:	30.04.1987
Geburtsort	Linz
Staatsbürgerschaft:	Österreich

Schulbildung/Studium:

1993-1997	Volksschule Puchenu
1997-2001	Georg von Peuerbach Gymnasium Linz
2001-2006	HTL1 Linz Bau & Design Ausbildungszweig: Tiefbau
Juni 2006:	Reifeprüfung mit Auszeichnung
Diplomarbeit:	„Die Auswirkungen von Wärmedämmverbundsystemen auf die Schalldämmung von Ziegelwänden“
November 2006-August 2007	Zivildienst LFKK Linz, Notaufnahme
WS 2008/2009-WS 2012/2013	Bakkalaureatsstudium Ernährungswissenschaften an der Universität Wien
Thema Bakkalaureatsarbeit:	„Die ergogene & leistungssteigernde Wirkung von Koffein im Sport und die damit verbundenen Risiken“
seit WS 2012/2013:	Masterstudium Ernährungswissenschaften an der Universität Wien Schwerpunkt: Lebensmittelsicherheit & -qualität

Berufliche Erfahrungen:

Juli 2004	TenCate Geosynthetics Austria Ges.m.b.H.
Juli 2006-Oktober 2006	Praktikum Bauhütte Leitl-Werke GmbH
August 2007-August 2008	KMP Linz, tech. Konstrukteur
Februar 2014	Laborpraktikum, Lebensmitteluntersuchungsanstalt Wien (MA 38)

Besondere Kenntnisse/Weiterbildungen:

EDV (MS Office, CAD, SPSS Statistics)
Englisch (Maturaniveau)
B-Führerschein, Staplerschein
Ausbildung Sporternährungsberater IMSB

Wien, Januar 2016