

Sortendifferenzierung von Holunder über das Aroma der Blüten

Wissenschaftliche Arbeit zur Erlangung des akademischen Grades einer Diplomingeuerin

Pabi Nicole, BSc.

0610105

Altenburgersiedlung 113

8124 Übelbach

Diese Arbeit wurde an der Technischen Universität Graz am Institut für Analytische Chemie und Lebensmittelchemie unter Betreuung von Frau Univ.Doz.ⁱⁿ Dipl.-Ing. Dr.techn. Barbara Siegmund in der Zeit von Mai 2011 – April 2012 durchgeführt.

Ehrenwörtliche Erklärung:

Ich versichere:

- dass ich die Masterarbeit selbständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt und mich auch sonst keiner unerlaubten Hilfe bedient habe.
- dass ich dieses Masterthema bisher weder im Inland- noch im Ausland zur Begutachtung in irgendeiner Form als Prüfungsarbeit vorgelegt habe.
- dass diese Arbeit mit der vom Begutachter beurteilten Arbeit übereinstimmt.

.....

Datum, Ort

.....

Unterschrift

Danksagung

Mein besonderer Dank geht an Frau Univ.Doz.ⁱⁿ Dipl.-Ing. Dr.techn. Barbara Siegmund, ohne deren Zustimmung und Bereitstellung des Themas diese Arbeit nicht möglich gewesen wäre. Vor allem aber, möchte ich mich für die tolle, intensive Betreuung und den großartigen persönlichen Einsatz bei ihr bedanken.

Bedanken möchte ich mich auch ganz herzlich bei Herrn ao.Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Univ. Prof. Dr. Erich Leitner, der stets bemüht durch Hilfestellungen zur Seite stand.

Ein großes Dankeschön geht an unseren Chemielabortechnik-Lehrling Frau Anna Walcher, die durch eifrige Mitarbeit, viel an dieser Arbeit mitgewirkt hat.

Auch bei den anderen Mitarbeitern und Mitarbeiterinnen des Instituts, vor allem aber bei Frau Dr. Eva Schrampf und unseren Chemotechnikerinnen Frau Ing. Nina Haar und Ing. Claudia Koraimann, möchte ich mich für das nette Arbeitsklima und den guten Ratschläge bedanken.

Weiters möchte ich mich bei Frau Ing. Eveline Maier bedanken, die mir stets mit großer Hilfsbereitschaft mit Rat und Tat zur Seite stand und immer ein offenes Ohr für meine Sorgen und Nöte hatte.

Schlussendlich möchte ich mich auch noch bei meiner Familie, meinem Freund Gerald und meinen Freunden, vor allem aber bei meinen Eltern bedanken, die mir mein Studium nicht nur finanziell ermöglicht haben, sondern auch immer unterstützend zur Seite standen.

Der Geschmack ist allen Menschen natürlich, sie haben ihn aber nicht alle in gleichem Maße.

Jean-Jacques Rousseau 1712-1778

Zusammenfassung

Im Mittelpunkt dieser Masterarbeit stand das charakteristische Holunderblütenaroma, das mit seinem frischen, intensiven Blütenduft an florale, zitrusartige und fruchtigen Noten erinnern lässt. Die Holunderpflanze an sich, zählt mittlerweile zu den wichtigsten Kulturpflanzen des Landes Steiermark, da diese, auf Grund ihrer hohen Farbdichte und den gesundheitsfördernden Eigenschaften, für die Herstellung natürlicher Lebensmittelfarbe und als Anthocyanspender in der Lebensmittelindustrie, immer mehr an Bedeutung gewinnt. Aber auch das Aroma der Blüten ist für die Herstellung unterschiedlicher Produkten von steigendem Interesse.

Infolgedessen sollte im Zuge dieser Arbeit die Aromastoffe von Holunderblüten und deren sensorische Eigenschaften, durch das Einsetzen verschiedener instrumentell-analytischer und sensorischer Methoden untersucht werden. So stand die Frage, ob sich Blüten von unterschiedlichen Holundersorten über ihren Duft voneinander unterscheiden lassen im Zentrum dieser Arbeit.

Aus diesem Grund wurden zu Beginn elf kultivierte Holundersorten aus dem Versuchsgarten der Südoststeiermark, einer Wildform aus Feldbach sowie einer weiteren Ertragsorte aus Gleichenberg, durch Erstellung deren Aromaprofile, mittels Anreicherung einer Headspace Solid Phase Microextraction (HS-SPME) und anschließender Trennung durch Gaschromatographie-Massenspektrometrie, miteinander verglichen. Anhand dieser Untersuchungen konnte gezeigt werden, dass sich die flüchtigen Verbindungen der Blüten („Aromastoffe“) der einzelnen Sorten signifikant voneinander unterscheiden, wohingegen der Standort eine untergeordnete Rolle spielt.

Aufgrund der stark beschränkten Lagerfähigkeit der Blüten mussten sortenreine Blütenextrakte hergestellt werden, die im Hinblick der Aromastoffe und deren sensorischen Eigenschaften mit unterschiedlichen Methoden der Aromastoffanalytik und der Lebensmittelsensorik untersucht wurden. Im Zuge dessen, konnten auch technologische Aspekte, wie die Veränderung des Aromas durch die Extraktionsdauer sowie der Einflüsse von Zusatzstoffen, erforscht werden.

Durch die Anwendungen unterschiedlicher sensorischer Methoden, wie der quantitativ-bewertenden Prüfung und der Projective Mapping-Methode konnte festgestellt werden, dass es nur bei wenigen sortenreinen Holunderblütenextrakten zu Übereinstimmungen kam. Auch die Frage, welcher Extrakt die charakteristische Holundernote ausgeprägt hat, konnte nicht eindeutig geklärt werden. Um heraus zu finden, ob eine Korrelation zwischen der Ausbildung des charakteristischen Holundergeruchs und dem Auftreten bestimmter flüchtiger Verbindungen besteht, wurde mittels GC-Olfaktometrie versucht, die aromarelevanten Substanzen in den einzelnen Holunderextrakten zu bestimmen. Zusammenfassend kann gesagt werden, dass sich die sortenreinen Holunderblütenextrakte im Aroma ihrer Blüten deutlich unterscheiden lassen. Demnach sind für die Ausbildung des charakteristischen Holunderaromas die Alkohole und Aldehyde der C₆-Reihe sowie dem 2-Methylbutanal, die für die grünen und frischen Noten verantwortlich sind, als auch die Verbindungen Linalool, Rosenoxid, 6-Methyl-5-hepten-2-on, α -Terpineol und β -Damascenon, die für blumige und fruchtige Noten bekannt sind, notwendig sind.

Abstract

The elderberry plant (*Sambucus nigra* L.) in the southern Styria is one of the most important crops. Due to the high color density of the berries, the fruits are often used in different areas of the food industry. But also the pleasant flavor of the blossoms is of increasing importance for the manufacture of food products. Their very attractive odor is reminiscent of a hint of citrus-like, slightly floral and fresh green notes. Therefore, the focus of this work is on the investigation of the volatile flavor compounds of the blossoms and the determination of the responsible flavors for the formation of the characteristic odor. The blossoms of eleven different cultivars were harvested in full bloom to investigate whether there are significant differences in the flavour depending on the cultivar. Several wild forms were also included in this study.

Furthermore, it should be determined whether the locations of the elder have an impact on the formation of the volatile compounds.

As the shelf life of the fresh flowers is severely limited it was decided to prepare aqueous extracts (syrops) of the flowers to preserve the sensory properties.

To investigate the flavour compounds, gas chromatography-mass spectrometry was used to identify the volatile compounds of the elder flowers and extracts after enrichment of the compounds by headspace solid phase microextraction. To investigate the sensory properties of the compounds, gas chromatography olfactometry was used. For the evaluation of the sensory properties of blossoms as well as syrops, sensory evaluation was performed using a trained sensory test panel. Quantitative-descriptive analysis as well as projective mapping was applied.

The results show very clearly there are significant differences in the composition of the volatile compounds as well as in the sensory properties depending on the elder variety. These results give first indications that some of the investigated varieties might be better suitable for the production of elder flower products as others.

Inhaltsverzeichnis

Einleitung.....	1
1 Holunder- Im Wandel der Zeit.....	2
1.1 Mythologie und Volksglaube	2
1.2 Die Bedeutung von Holunder in der Gegenwart.....	4
2 Botanik.....	6
2.1 Botanische Zugehörigkeit und Systematik	6
2.2 Sambucus nigra.....	8
2.2.1 Morphologie.....	8
2.2.2 Borke	8
2.2.3 Blätter.....	9
2.2.4 Blüte	10
2.2.5 Frucht	11
2.3 Sambucus racemosa	13
2.4 Sambucus ebulus.....	14
2.5 Giftstoffe, Wirkung und Symptome	16
2.6 Verwendung	16
2.6.1 Holunder als Heilmittel	16
2.6.2 Holunder als Farbstoff.....	17
2.6.3 Holunder als Lebensmittel	17
3 Aroma	18
3.1 Sensorischer Schwellenwert.....	19
3.2 Aromawert.....	20
4 Die sensorische Prüfung von Holunder	21
4.1 Grundprinzipien der sensorischen Prüfung.....	21
4.2 Messinstrument Mensch.....	21
4.3 Eingesetzte Prüfmethode.....	22
4.3.1 Einfach beschreibende (deskriptive) Prüfung	23
4.3.2 Quantitativ-deskriptive Prüfung.....	23
4.3.3 Projective Mapping (Napping®).....	24
5 Arbeitstechniken zur Bestimmung der Aromastoffe in Holunder.....	26
5.1 Probenvorbereitung und Extraktion der Zielanalyten.....	26

5.2 Gaschromatographie.....	28
5.2.1 Gaschromatographie-Massenspektrometrie	29
5.2.2 Gaschromatographie-Olfaktometrie	30
5.3 Retentionsindices.....	32
6 Aromastoffe im Holunder	34
6.1 Aromastoffe in Holunderblüten	34
6.2 Aromastoffe in den Holunderblütenextrakten	35
7 Sensorische Untersuchungen von Holunder.....	39
7.1 Zubereitungen der Holunderblütenextrakte.....	41
7.2 Profilprüfungen (quantitativ-deskriptive Prüfung) QDA®	45
7.3 Projective Mapping	55
7.4 Zusammenfassung.....	57
8 Aromastoffanalytik- Auswertung und Diskussion.....	59
8.1 Blüten	59
8.1.1 HS-SPME-GC-MS.....	59
8.1.2 Multivariate Datenauswertung	68
8.2 Blütenextrakte.....	70
8.2.1 HS-SPME-GC-MS.....	71
8.2.2 GC-Olfaktometrie	102
8.2.3 Multivariate Datenauswertung	107
9 Zusammenfassung.....	109
Literaturverzeichnis.....	111
Abbildungsverzeichnis.....	114
Tabellenverzeichnis	118
ANHANG	120
A.I Eingesetzte Chemikalien	120
A.II Eingesetzte Geräte	122
A.III Chromatogramme	123
A.IV Geruchsbeschreibungen und Geruchsschwellenwerte	136
A.V Sensorikprotokolle	140
A.VI Rezepturen.....	157
A.VII Veröffentlichungen	158

Einleitung

Bei dem Gedanken an Holunder, fühlen sich viele Menschen an ihre Kindheitstage zurückversetzt, an denen es, einen erfrischenden und selbstgemachten Holundersaft von der Mutter, Großmutter oder der Nachbarin zu trinken, sowie gebackene Holunderblüten zu essen gab.

Doch nur wenigen Leuten sind heutzutage, die vielseitigen Verwendungsmöglichkeiten des Holunders bekannt. Die Meisten degradieren ihn zu Wildobst, der an vielen Straßen- und Waldrändern wächst. Manch einer kennt den Holunderblütensirup lediglich aus dem Supermarktsortiment, den es bereits von vielen verschiedenen Herstellern gibt.

Durch viele Skandale in der Lebensmittelindustrie setzte bei zahlreichen Konsumenten ein neues Gesundheitsbewusstsein ein, damit verbunden, war der Wunsch nach regionalen und natürlichen Produkten. Viele Betriebe setzen seit neustens auf die „Bio-Schiene“ und auf Regionalität. Und die Umsätze sprechen für sich- Tendenz steigend.

In der Lebensmittelbranche spielen hauptsächlich die Holunderbeeren eine Rolle, der Bedarf an Blüten ist eher gering.

Erst als die besonders erfolgreichen „belebenden und gesundheitsfördernden Mineralwasser“¹ Einzug in die Supermarktregale fanden, und ein Wandel bei den Konsumenten einsetzte, begann auch die Nachfrage nach den frisch-duftenden, intensiv-aromatischen und Zitronen-artigen Holunderblüten, die eine Reihe an bioaktiver Inhaltsstoffe und damit gesundheitsfördernde Eigenschaften mit sich bringen.

Da der hauptsächliche Bedarf an Beeren nicht durch Wildformen abgedeckt werden konnte, entwickelte sich der Grundgedanke eines erwerbsmäßigen Anbaus.

Der Anbau von Holunder hat in den letzten Jahren stark zugenommen. Mittlerweile handelt es sich in der Steiermark sogar um die zweitstärkste Exportfrucht nach dem Apfel. Der Holunder wird ausschließlich im Südosten des Landes großflächig angebaut, wo sich auch ein Versuchsgarten befindet. Die Holunderblüten, die im Rahmen dieser Diplomarbeit verwendet und eingesetzt wurden, stammen hauptsächlich aus der obengenannten Region.

¹ Mineralwasser mit natürlichen, naturidenten oder auch künstlichen Aromen und Vitaminen versetzt.

1 Holunder, im Wandel der Zeit

1.1 Mythologie und Volksglaube:

Archäologische Untersuchungen aus dem Zeitalter der Jungsteinzeit konnten belegen, dass Holunderbeeren schon damals in Österreich, im heutigen Niederösterreich, als Nahrungsquelle gedient haben.² Aber erst seit der Antike gilt der Holunder als geschützte Heilpflanze und lieferte wichtige Arzneien. Anfangs erhoffte man sich zwar, durch das bloße Berühren des Busches Krankheiten abwenden zu können. Erst durch die Gelehrten Hippokrates, Theophrastos, Dioscurides und Plinius der Ältere, denen die ganzheitliche Wirkung von Holunder bewusst war, wurde der Holunder als Heilmittel verabreicht. Hippokrates beschrieb den Holunder sogar als Medizinschrank. Bei Dioscurides fand die Pflanze bei Wassersucht, Augenkrankheiten, als Abführ- und Färbemittel und sogar gegen Schlangen- und Hundebisse Verwendung. Hingegen erwähnte Theophrastos von Eresos, dass der Duft seiner Blüten: „stärker als der der Lilien“ sei und die Früchte „die Hände [...] und das Haupt färben“.³

Nicht nur die Gelehrten der Griechen und Römer machten sich die positiven Eigenschaften des Holunders zu Nutze, sondern auch nördlich der Alpen, bei den Kelten und Germanen, galt der Holunder als heiliger Baum, der die Göttin Holda oder auch Holla verkörperte. In manchen Gebieten war auch der Name Perchtha bekannt.

Da angenommen wurde, dass im Holunder gute Geister wohnen, wurden der Göttin zu Ehren Opfer unter dem Holunderbaum gebracht. Dieser Brauch fand vor allem in Bayern, Schweiz und im Elsass-Gebiet weite Verbreitung. Das war auch ein Grund, weshalb an keinem Bauernhof, Haus oder Scheune ein Holunderbaum als Schutzbaum fehlen durfte. Von diesem Zeitpunkt an, galt die Göttin als beschützender Hausgeist, die das Haus und seine Bewohner vor Unheil (Blitzschlag und allem Bösen) bewahrte.

Der Literatur zufolge glaubten die Germanen, dass ihre Göttin Holda im Winter, zum Zeitpunkt der Wintersonnenwende, von Wind und Schnee umgeben ist, damit sie mit todbringenden Krankheiten kämpfen und dadurch der Erde Fruchtbarkeit und somit neues Leben schenken kann. Später entstand daraus die Vorstellung, dass Holda die Schneeflocken bringt, und es dadurch auf der Erde zu

² Vgl. Heiss, Andreas G.: [Der Holler — ein Strauch, vor dem man den Hut ziehen sollte. Archäologisches, Volksmedizinisches, Mystisches und Kritisches zum Schwarzen Holler](http://boku.academia.edu/AndreasGHeiss/Papers/1201393/Der_Holler_-_ein_Strauch_vor_dem_man_den_Hut_ziehen_sollte), Hollerbotanik durch die Jahrtausende; Online im WWW unter URL:[http://boku.academia.edu/AndreasGHeiss/Papers/1201393/Der_Holler - ein Strauch vor dem man den Hut ziehen sollte. Archäologisches Volksmedizinisches Mystisches und Kritisches zu m Schwarzen Holler](http://boku.academia.edu/AndreasGHeiss/Papers/1201393/Der_Holler_-_ein_Strauch_vor_dem_man_den_Hut_ziehen_sollte) [Stand 30.03.2012].

³ Vgl. Wimmer, F. (1866); Theophrasti Eresii opera. Firmin Didot, Paris. (zit. nach: Heiss, Andreas G. vgl. ebenda)

schneien beginnt. Somit lieferte sie das Vorbild für die Figur Frau Holle in dem Märchen der Gebrüder Grimm.

Eine weitere Funktion, die man der Göttin zugeordnet hat ist, dass sie kinderspendend und den Menschen mild und freundlich gesonnen sei und nicht nur das Leben des Menschen vor Krankheiten beschützt, sondern auch der Pflanzen und Tiere. So ist der Holunder in Dänemark als Geburtsbaum bekannt, den die schwangeren Frauen umfassten und der somit als Fruchtbarkeitssymbol diente. Er hat aber auch eine ganz andere Bedeutung wie etwa in Frankreich und in Deutschland, wo an Fenster oder Tür gesteckte Holunderzweige auf Frauen von zweifelhaftem Ruf hindeuteten. Ein mystisches Vorzeichen für den bevorstehenden Tod eines Hausbewohners, war ein verdorrnder Holunderbaum am Hof.

Durch all diese Huldigung entstand eine Volksweisheit, die von der Verehrung und Hochachtung dem Holunder gegenüber zeugt: „Vor dem Holunder zieh' den Hut herunter!“⁴

So kam es dazu, dass es streng verboten war, den Holunder weder zu beschneiden noch zu fällen, denn dadurch würden die Hausgeister ihrer Wohnstätte beraubt werden und sie in Missgunst fallen.

Angenommen, man konnte das Fällen eines Holunderbaumes nicht abwenden, so musste mittels Bittspruch um Vergebung gebeten werden: „*Frau Ellhorn, gib mir was von deinem Holz, dann will ich dir von meinem auch was geben, wann es wächst im Walde, welches teils mit gebeugten Knieen, entblösstem Haupte und gefalteten Händen zu thun gewohnt, so ich in meinen jungen Jahren zum öftern beides gehört und gesehen*“.⁵ Lediglich Waisenkindern und Witwen war es erlaubt, den Baum ungeahndet zu fällen. Die Furcht, einen Holunderbaum um zu schneiden, hielt bis zum 18. Jahrhundert an.

Im Zuge der Christianisierung kam der Holunder als Heil- und Schutzpflanze in Verruf. Viele namhaften Kräuterkundige, darunter auch Hildegard von Bingen, missbilligten sein Können. Nur wenige ließen sich von den theologischen Vorbehalten nicht abschrecken und empfahlen die Heilpflanze weiterhin. Zu ihnen zählten Thomas von Aquin, Hieronymus Bock und Paracelsus.

Der eigentliche Name von Holunder stammt aus dem germanischen Reich, wo er holuntar⁶, das sich aus dem Wort hol (für hohl) und tar (für Baum) zusammensetzt, genannt wurde. Diese Bezeichnung weist auf die mit Mark gefüllten Zweige des Baumes hin. Wohin gegen der Ursprung des lateinischen Namen Sambucus liegt, ist nicht geklärt. Es kann nur vermutet werden, dass es auf das Wort

⁴ URL: <http://www.lebensharmonie.ch/holunder.php> [02.04.2012]

⁵ Vgl. Göttinger, E.: Reallexicon der Deutschen Altertümer. Leipzig 1885., S. 375-376.

Online auch unter URL: <http://www.zeno.org/Goetzinger-1885/A/Heilige+B%C3%A4ume> [30.03.2012]

⁶ URL: <http://www.botanikus.de/Botanik3/Ordnung/Holunder/holunder.html> [30.03.2012]

sabucus⁷ zurückgeht, dass erstmals in der römischen Literatur von Lucilianus im 2. Jahrhundert vor Christus erwähnt wurde. Auch bei Plinius dem Älteren taucht das Wort sabucus anstelle von actaea, zu Deutsch Strauch, sporadisch auf.⁸

Abgesehen von zahlreichen Mythen und der Zauberkraft des Holunders, der nebenbei erwähnt zu den häufigsten Wildgehölzern in Mitteleuropa gehört, finden sich in alten Bräuchen viele Heilanwendungen und Traditionen, die auch heute noch praktiziert werden.

Beispielsweise wird bei Beerdigungen in Tirol ein Kreuz aus Holunderzweigen aufs Grab gesteckt, und sobald dieses grünt, wird dem Verstorbenen ein seliges Jenseits gewährt.

1.2 Die Bedeutung von Holunder in der Gegenwart

Mit dem Aufkommen synthetisch hergestellter Medikamente gerieten Hausmittel, darunter auch der Holunder, immer mehr ins Abseits.⁹ Er verlor nicht nur als Heilpflanze, sondern auch als nahrhaftes Lebensmittel an Bedeutung. So kam es, dass man ihn zur Wildfrucht degradierte.

Im Zuge des wieder entdeckten Gesundheitsbewusstseins des Menschen hat der überaus anspruchslose und robuste Holunder in den letzten Jahren enormen Auftrieb erhalten, und eroberte seinen Platz, als sanftes Heilmittel in der Naturheilkunde wieder zurück.

Kaum eine andere Pflanze wie der Holunder, lässt sich so vielseitig und umfassend nutzen: Blätter, Triebe, Rinde, Holz und selbst die Wurzel bieten Wertvolles. Am bekanntesten sind seine Hauptwirkungen: schweißtreibend, schmerzlindernd, entzündungshemmend und immunstimulierend auf die aber später noch näher eingegangen wird.¹⁰

Nicht nur Heilkundige begannen sich mit den Inhaltstoffen des Holunders auseinanderzusetzen, sondern auch zahlreiche Wissenschaftler beschäftigten sich eingehend mit dieser Pflanze und fingen an, sich dafür zu interessieren. Dabei stellte sich heraus, dass es sich in der Tat um eine außergewöhnliche Pflanze handelt. Sein Reichtum an Vitaminen, Mineralien und Spurenelementen, wie auch der erstaunlich hohe Gehalt an Aminosäuren (40-50% essentielle) machen seine Beeren zu einem hochwertigen Nahrungsmittel (siehe Tabelle 1).¹¹ Durch jahrelange Forschungen, konnte

⁷ Vgl. Genaust H., (2005): Etymologisches Wörterbuch der botanischen Pflanzennamen. (zit. nach: Heiss, Andreas G. vgl. ebenda (Seite 10)

⁸ Vgl. Jan, L. Von; C. Plini Secundi Naturalis historiae libri XXXVII. Teubner: Leibnitz. (zit. nach: Heiss, Andreas G. vgl. ebenda (Seite 10)

⁹ Vgl. Griesbacher A., Der Holunder, ein starker Strauch; Obst, Wein, Garten-Fachzeitschrift für Praktiker, Mai 2011, Nr. 5 (Seite 3-5)

¹⁰ Vgl. ebenda

¹¹ Vgl. Ebenda (Seite 12): Griesbacher

beispielsweise nachgewiesen werden, dass Holunder sowohl antibakteriell, wie auch antiviral wirkt. Es werden nicht nur die Cholesterinwerte positiv beeinflusst, sondern gilt der Holunder, zugleich als eine Wohltat für Kreislauf und Gefäße. Auch das Immunsystem wird positiv gestimmt, wodurch die Anfälligkeit für Erkältungserkrankungen abnimmt.

Der, durch zahlreiche Untersuchungen bestätigte, wirksame Farbstoff Sambucyanin zählt zu den Flavonoiden. Seine neu entdeckte Wirkung gegen Freie Radikale und die damit verbundene Schutzwirkung gegen Herz- und Kreislauferkrankungen machen den Holunder wieder zur Apotheke. Neuen Studien¹² zufolge, können die Flavonoide der Holunderbeeren anH1N1-Viren binden, und somit die H1N1-Infektion verhindern.

Inhaltsstoffe in 100g Holunder ¹³ :	
Kcal/kJ	50/210
Wasser	80,0%
Eiweiss	2,5%
Kohlenhydrate	9,1 %
Rohfaser	6,8%
Gesamtsäure	0,9%
Mineralstoffe	0,7%
Vitamin C	20,0 mg
Vitamin B1	0,07 mg
Vitamin B2	0,08 mg
Vitamin B3:	1,5 mg
B6:	0,25mg
Kalium:	305,0 mg
Phosphor	57,0 mg
Kalzium	35,0 mg
Natrium	1,0 mg

Tabelle 1: Inhaltsstoffe in 100g Holunder (Quelle: Holunder- Helga Buchter-Weisbrod)

¹² Vgl. Roschek B. Jr., Fink RC, McMichael MD, Li D, Alberte RS; Elderbeery flavonoids bind to and prevent H1N1 infection in vitro; Phytochemistry, 2009 Jul, 70(10): 1255-61 online im WWW unter: URL: http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19682714?ordinalpos=1&itool=EntrezSystem2.PEntrez.Pubmed.Pubmed_ResultsPanel.Pubmed_DefaultReportPanel.Pubmed_RVDocSum

¹³ Vgl. Helga Buchter-Weisbrod; Holunder online im WWW unter: URL:http://www.pdfdownload.org/pdf2html/pdf2html.php?url=http%3A%2F%2Fwww.agroscope.admin.ch%2Fdata%2Fpublikationen%2Fwa_arb_03_pub_165_d.pdf&images=yes

2 Botanik

2.1 Botanische Zugehörigkeit und Systematik:

Die Zuordnung der Gattung *Sambucus* ist heutzutage nicht ganz einfach. Einige Literaturstellen zählen die Gattung Holunder zur Familie der Geißblattgewächse (*Caprifoliaceae*), wohingegen andere der Meinung sind, dass sie eine Pflanzengattung in der Familie der Moschuskrautgewächse bilden.

Innerhalb dieser Gattung verzeichnet die amerikanische Keimdatenbank der Landwirtschaftsabteilung¹⁴ die Existenz von über 73 aufgelisteten Arten (Tabelle 2), wovon weltweit nur über 40 sommergrün sind.

Holunderarten
1. <i>Sambucus adnata</i> Wall. ex DC.
2. <i>Sambucus australis</i> Cham. & Schtdl.
3. <i>Sambucus buergeriana</i> (Nakai) Blume ex Nakai
4. <i>Sambucus callicarpa</i> Greene
5. <i>Sambucus canadensis</i> L.
6. <i>Sambucus canadensis</i> var. <i>canadensis</i>
7. <i>Sambucus canadensis</i> var. <i>laciniata</i> A. Gray
8. <i>Sambucus cerulea</i> Raf.
9. <i>Sambucus cerulea</i> var. <i>neomexicana</i> (Wooton) Rehder
10. <i>Sambucus chinensis</i> Lindl.
11. <i>Sambucus chinensis</i> var. <i>formosana</i> (Nakai) H. Hara
12. <i>Sambucus coreana</i> (Nakai) Kom. & Aliss.
13. <i>Sambucus ebulus</i> L.
14. <i>Sambucus formosana</i> Nakai
15. <i>Sambucus gautschii</i> Wettst.
16. <i>Sambucus glauca</i> Nutt.
17. <i>Sambucus hookeri</i> Rehder
18. <i>Sambucus hybr.</i>
19. <i>Sambucus japonica</i> Thunb.
20. <i>Sambucus javanica</i> Reinw. ex Blume
21. <i>Sambucus javanica</i> subsp. <i>chinensis</i> (Lindl.) Fukuoka
22. <i>Sambucus kamtschatica</i> E. L. Wolf
23. <i>Sambucus latipinna</i> Nakai
24. <i>Sambucus manshurica</i> Kitag.
25. <i>Sambucus melanocarpa</i> A. Gray
26. <i>Sambucus mexicana</i> auct.
27. <i>Sambucus microbotrys</i> Rydb.

¹⁴ Vgl. Datenbank: United States Department of Agriculture; Agricultural Research Service, Beltsville Area; Germplasm Resources Information Network (GRIN) online im WWW unter URL: <http://www.ars-grin.gov/cgi-bin/npgs/html/splist.pl?10679>

28. <i>Sambucus neomexicana</i> Wooton
29. <i>Sambucus nigra</i> L.
30. <i>Sambucus nigra</i> f. <i>alba</i> (Weston) Rehder
31. <i>Sambucus nigra</i> f. <i>aurea</i> (Sweet) Schwer.
32. <i>Sambucus nigra</i> subsp. <i>canadensis</i> (L.) Bolli
33. <i>Sambucus nigra</i> subsp. <i>cerulea</i> (Raf.) Bolli
34. <i>Sambucus nigra</i> f. <i>laciniata</i> (L.) Zabel
35. <i>Sambucus nigra</i> subsp. <i>palmensis</i> (Link) Bolli
36. <i>Sambucus nigra</i> f. <i>pendula</i> Dippel
37. <i>Sambucus nigra</i> subsp. <i>peruviana</i> (Kunth) Bolli
38. <i>Sambucus palmensis</i> Link
39. <i>Sambucus peruviana</i> Kunth
40. <i>Sambucus pubens</i> Michx.
41. <i>Sambucus pubens</i> var. <i>arborescens</i> Torr. & A. Gray
42. <i>Sambucus pubens</i> f. <i>xanthocarpa</i> (Cockerell) Fernald
43. <i>Sambucus pubescens</i> Pers.
44. <i>Sambucus racemosa</i> L.
45. <i>Sambucus racemosa</i> subsp. <i>kamtschatica</i> (E. L. Wolf) Hultén
46. <i>Sambucus racemosa</i> var. <i>laciniata</i> W. D. J. Koch ex DC.
47. <i>Sambucus racemosa</i> var. <i>miquelii</i> Nakai
48. <i>Sambucus racemosa</i> var. <i>miquelii</i> auct.
49. <i>Sambucus racemosa</i> subsp. <i>pubens</i> (Michx.) House
50. <i>Sambucus racemosa</i> var. <i>arborescens</i> (Torr. & A. Gray) A. Gray
51. <i>Sambucus racemosa</i> var. <i>melanocarpa</i> (A. Gray) McMinn
52. <i>Sambucus racemosa</i> var. <i>microbotrys</i> (Rydb.) Kearney & Peebles
53. <i>Sambucus racemosa</i> var. <i>pubens</i> (Michx.) Koehne
54. <i>Sambucus racemosa</i> subsp. <i>racemosa</i>
55. <i>Sambucus racemosa</i> subsp. <i>sibirica</i> (Nakai) H. Hara
56. <i>Sambucus racemosa</i> var. <i>sieboldiana</i> Miq.
57. <i>Sambucus racemosa</i> subsp. <i>sieboldiana</i> (Miq.) H. Hara
58. <i>Sambucus racemosa</i> f. <i>nakaiana</i> Murata
59. <i>Sambucus racemosa</i> f. <i>stenophylla</i> (Nakai) H. Hara
60. <i>Sambucus racemosa</i> f. <i>xanthocarpa</i> Cockerell
61. <i>Sambucus sibirica</i> Nakai
62. <i>Sambucus sieboldiana</i> (Miq.) Blume ex Graebn.
63. <i>Sambucus sieboldiana</i> var. <i>buergeriana</i> Nakai
64. <i>Sambucus sieboldiana</i> var. <i>miquelii</i> (Nakai) H. Hara
65. <i>Sambucus sieboldiana</i> var. <i>miquelii</i> auct.
66. <i>Sambucus sieboldiana</i> var. <i>stenophylla</i> Nakai
67. <i>Sambucus sieboldiana</i> var. <i>xanthocarpa</i> Nakai
68. <i>Sambucus sieboldiana</i> f. <i>xanthocarpa</i> (Nakai) Rehder
69. <i>Sambucus simpsonii</i> Rehder
70. <i>Sambucus</i> spp.
71. <i>Sambucus tigranii</i> Troitsky
72. <i>Sambucus wightiana</i> Wall. ex Wight & Arn.
73. <i>Sambucus williamsii</i> Hance

Tabelle 2: alle aufgelisteten Sorten des Holunders der amerikanischen Keimdatenbank

Das Verbreitungsareal dieser obengenannten Gattungen reicht von den gemäßigten Zonen der Nord- bis in die tropischen Zonen der Südhemisphäre.¹⁵

In Österreich, und somit auch in Mitteleuropa, sind lediglich 3 Gattungen heimisch. Der für uns bekannteste Vertreter ist *Sambucus nigra*, der Schwarze Holunder, da er als regelrechtes „Unkraut“ in vielen Wohnsiedlungen und in urbanen Gegenden zu finden ist. Daneben gibt es noch den Trauben-Holunder (*Sambucus racemosa*) und den Zwerg-Holunder (*Sambucus ebulus*).

2.2 *Sambucus nigra*

2.2.1 Morphologie

Der Schwarze Holunder ist eine weitbereitete heimische Wildobstsorte, die im bayrischen und auch im österreichischen Sprachgebrauch oft nur als Holler bezeichnet wird. Es handelt sich hierbei um einen schnellwachsenden, 5 bis 7 Meter hohen, sommergrünen Baum oder Strauch, der beinahe überall, bis in eine Höhe von 1500 Meter über den Meeresspiegel, bevorzugt in vollsonnigen bis halbschattigen Lagen wachsen kann. Allerdings bevorzugt er wasser- und nährstoffreiche Böden, da diese Pflanzen zu den „pumpenden Gehölzern“¹⁶ zählen und somit ein Indikator für nährstoffreiche und produktive Böden ist. Den Schwarzen Holunder findet man häufig in Waldränder, Gärten und Siedlungsgebieten, aber auch im innerstädtischen Bereich ist er häufig anzutreffen. Die Verschmutzungen in Luft und Boden machen ihn nichts aus, sogar das vielfach verwendete Streusalz kann ihn nichts anhaben. Lediglich die hohen Temperaturen in den Stadtbezirken bewirken einen erhöhten Lausbefall.¹⁷

2.2.2 Borke

Die Holunderborke des *Sambucus nigra* ist zunächst leicht gräulich über beige bis zu hellbraun gefärbt, leicht korkig und mit vielen Lentizellen (oder auch Korkwarzen genannt, das sind Spaltöffnungen) übersät (Abb. 1).

¹⁵ Vgl. Doerken, V.M; Jahrbuch Bochumer Botanischer Verein, 2; 2011 (258-265) online im WWW URL: <http://www.botanik-bochum.de/html/pflanzenbilder/Sambucus.htm> am [30.03.2012]

¹⁶ Vgl. ebenda

¹⁷ Vgl. ebenda



Abbildung 1: Borke eines Schwarzen Holunders; ©Foto: wurde freundlicherweise von Dr. Dörken, aus dem Jahrbuch des Bochumer Botanischen Vereins, zur Verfügung gestellt

Im Inneren der jungen Triebe des *Sambucus nigra* befindet sich ein weißes Mark, welches im Gegensatz zu dem Traubenholunder, braun gefärbt ist (Abbildungen 2 und 3).



Abbildung 2: weiße Mark vom Schwarzen Holunder



Abbildung 3: braune Mark vom Traubenholunder

©Fotos: wurde freundlicherweise von Dr. Dörken, aus dem Jahrbuch des Bochumer Botanischen Vereins, zur Verfügung gestellt

2.2.3 Blätter

Die Abbildung 5 zeigt ein fünfzähliges, gegenüberstehend angeordnetes Blatt, das mit einem größeren Endblatt versehen ist. Jedes dieser Blätter verfügt über eine Blattlänge von bis zu 15 cm. Die Blätter des Schwarzen Holunders treiben relativ früh aus, nicht selten brechen die Knospen

bereits Anfang März auf.¹⁸ Der Austrieb der Blätter (Abbildung 4) besitzt vergleichsweise zum Roten Holunder ein sattes Grün.



Abbildung 4: Blatt des Schwarzen Holunders, ©Foto: wurde freundlicherweise von MSc. Till Kasielke aus dem Jahrbuch des Bochumer Botanischen Vereins, zur Verfügung gestellt

Wie auch die Holunderrinde, verursachen Blätter, die zerrieben werden, einen anfangs intensiven, stechenden und unangenehmen Geruch, der auf die freiwerdende Blausäure hinweist.¹⁹

2.2.4 Blüte

Theoprastos von Eresos schwärmte einst für den Duft der Holunderblüten. Zahlreiche Wissenschaftler versuchen auch heutzutage dem Aroma der Holunderblüten auf die Schliche zu kommen.

W. Ternes zu Folge wird das Aroma der Holunderblüten durch folgende Verbindungen wie Phenylacetaldehyd, 2-Furaldehyd sowie Neroloxid, (Z)-Rosenoxid, Hotrienol, β -Damascenon, Pentanal und Linalool bestimmt.²⁰

Der Schwarze Holunder trägt seine einfach gebauten 5-zähligen dufteten Blüten in breiten schirmähnlichen Trugdolden und beginnen ab Ende Mai- Anfang Juni zu blühen (Abb. 5). Der Blütenbeginn gilt nach dem phänologischen Kalender als Beginn des Frühsommers.²¹ Die kleinen

¹⁸ Vgl. ebenda Seite 16 Doerken, V.M;

¹⁹ Vgl. ebenda Seite 16 Doerken, V.M;

²⁰ W.Ternes, Naturwissenschaftliche Grundlage der Lebensmittelzubereitung, Behr's Verlag, Nachdruck 2011 der 3. Ausgabe von 2008; Seite 833-834

²¹ Vgl. ebenda Seite 16, Doerken, V.M;

cremeweiß-gelblichen Blüten (Abb. 6) versprühen einen intensiven, charakteristischen, süßlichen, aromatischen und leicht Zitronen-artigen Geruch, wodurch er einen hohen Anklang bei Jung und Alt findet. Aber auch Insekten, vor allem Käfer und Fliegen, werden von dem betörenden Geruch angelockt.



Abbildung 5 und 6: Blütenaufnahme vom Schwarzen Holunder ©Fotos: wurde freundlicherweise von Dr. Jagel, aus dem Jahrbuch des Bochumer Botanischen Vereins, zur Verfügung gestellt.

Die Blüten sind die einzigen Stellen der Pflanze, an der kein Sambunigrin enthalten ist. Dadurch können sie ohne jegliche Bedenken genossen werden.

In Zukunft werden vor allem rotblättrige Sorten, die zum Teil rosé- bis pinkfarbene Blüten aufweisen, das Angebot wieder erweitern.²²

2.2.5 Frucht

Die zu Beginn grünen Einzelbeeren erhalten erst im Verlauf des Reifestadiums ihre dunkel-violette (Abb. 7) und zuletzt purpurne-schwarze Farbe (Abb. 8). Der Reifezeitpunkt hängt vom Standort ab, beginnt aber meistens Ende September bis Anfang-Mitte Oktober. Im phänologischen Kalender läutet die Fruchtreife den Frühherbst ein.

²² Vgl. Bayerische Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau; Gartenakademie: Schwarzer Holunder (2011), Merkblatt 3157, online im WWW unter URL: http://www.lwg.bayern.de/gartenakademie/infoschriften/obst/linkurl_24.pdf [20.03.2012]



Abbildung 7: dunkelrote Beeren



Abbildung 8: tiefschwarze Beeren

©Fotos: wurde freundlicherweise von Dr. Dörken, aus dem Jahrbuch des Bochumer Botanischen Vereins, zur Verfügung gestellt

Aus dem botanischen Blickwinkel betrachtet zählen die Holunderbeeren zu den Steinfrüchten, die von Vögeln als Nahrungsquelle genutzt werden, und die somit gleichzeitig für eine Ausbreitung der Samen sorgen.

Die schwarz gefärbten zirka 5 mm großen Beerenfrüchte enthalten das Blausäure abspaltende Glykosid Sambunigrin, welches die schwarz-violette Färbung der Beeren hervorruft. Als Hauptkomponenten an Phenolen wurden Cyanidin-3-sambubiosid, Quercetin-3-glukosid und Cyanidin-3,5-diglykosid ermittelt. Auch das intensiv färbende Anthocyan Sambucicyan ist an der Färbung beteiligt.⁹

Laut W. Ternes wird das charakteristische Holunderbeeraroma durch β -Damascenon, Ethyl-9-decenoat und Nonanal hervorgerufen. Des Weiteren sind die Verbindungen Dihydroedulan sowie weitere Aldehyde wie Pentanal, Heptanal, Octanal, (E)-2-Hexenal, Alkohole wie 2-Methyl-1-propanol, 2- und 3-Methyl-1-butanol sowie Ester wie Ethyl-2-methyl-butyrat, Ethylisovalerat, Methylheptanoat an der Aromausprägung beteiligt.⁹ Bleiben die Dolden samt reifer Beeren allerdings zu lange an den Sträuchern, so beginnen diese nach geraumer Zeit säuerlich und ranzig zu riechen.

Mit Ausnahme der Blüten sind beim Holunder fast alle Pflanzenteile leicht giftig und somit müssen beim Umgang mit der Pflanze einige Regeln beachtet werden. Es sollte beispielsweise vermieden werden reife Beeren roh zu verzehren.²³ Mittels thermischer Belastung können die giftigen Stoffe allerdings zersetzt werden. Infolgedessen sind die Beeren nur nach dem Erhitzen unbedenklich genießbar.

²³ Vgl. URL: http://www.heckipedia.at/mwiki/index.php?title=Schwarzer_Holunder_-_Sambucus_nigra [29.03.2012]

Die Literatur der Bayrischen Landesanstalt für Wein und Gartenbau besagt, dass die Fruchtqualität der gezüchteten Holundersorten den Wildformen weit überlegen ist. Nicht nur, dass sie größere Dolden und somit auch mehr Beeren besitzen, sondern ein wesentlicher Vorteil besteht im Reifeverlauf. Die Beeren von Zuchtformen können einheitlich reifen und weisen zugleich höhere Farbstoffgehalte an. Als Beispiel dient ein Vergleich von Farbstoffwerten der österreichischen Kultursorte Haschberg, 7-9%, mit jener einer Holunderwildsorte, die allenfalls 2-3% Farbstoffgehalt aufweist.²⁴

2.3 *Sambucus racemosa*

Der Artname *racemosa*, des *Sambucus racemosa* verweist auf den Fruchtstand, der einer Traube gleicht. Der Trauben-Holunder ist aber auch unter anderen geläufigen Namen bekannt, wie etwa Roter Holunder, Berg Holunder oder auch Hirschholunder.

Bei dieser Holundersorte handelt es sich um einen 1 bis 3 Meter hohen Strauch, der auffallend scharlachrote Beeren besitzt, die traubenförmig angeordnet sind, und über ein großflächiges Verbreitungsgebiet verfügt. Man findet ihn in den Alpen bis zu einer Seehöhe von 1800 Meter über den Meeresspiegel und reicht von Europa über Asien bis nach China.²⁵

Angesichts dieser Tatsache kann bereits vermutet werden, dass diese Holunderart lieber in kühleren Standorten an Forst- und Waldrändern beheimatet ist, und gegenüber Hitze und Trockenheit empfindlich ist. Da der Trauben-Holunder außerdem sehr kalkempfindlich ist, wächst er nur auf sauren Böden.²⁶

Bei dem Vergleich von Roten und Schwarzen Holunder lassen sich einige Punkte, wie die Farbe des Marks (Abb.2 und 3), auf das bereits im Abschnitt *Sambucus nigra* näher eingegangen wurde, unterscheiden.

Die frisch ausgetriebenen Blätter besitzen eine dunkel violette Färbung (Abb.9, 10, 11), die allerdings auch schnell wieder in ein sattes Grün wechselt.

²⁴ Vgl. ebenda, Seite 19

²⁵ Vgl. ebenda Seite 16

²⁶ Vgl. ebenda Seite 19



Abbildung 9, 10, 11: Es soll die Änderung des Farbverlaufs im Laufe der Blatentwicklung gezeigt werden.
 ©Fotos: wurde freundlicherweise von Dr. Dörken, aus dem Jahrbuch des Bochumer Botanischen Vereins, zur Verfügung gestellt.

Obendrein erfolgt der Austrieb der Blätter, aber auch der Blüten um einiges früher als beim Schwarzen Holler. Und anschließend färben sich die Beeren anstelle von violett zu einem kräftigen Orange-rot (Abb.12 und 13)



Abbildungen 12: Blüten des Roten Holunders Abbildung 13: scharlachrote Früchte des Holunders
 ©Fotos: wurde freundlicherweise von Dr. Jagel, aus dem Jahrbuch des Bochumer Botanischen Vereins, zur Verfügung gestellt

2.4 *Sambucus ebulus*

Der Zwerg-Holunder (Abbildung 14), aber auch Stauden-Holunder genannt, ist hauptsächlich auf Waldlichtungen und Gebüschern quer über Europa bis nach Nordafrika und Westasien zu finden. Wie der Name bereits erahnen lässt, handelt es sich hierbei um eine kleinere Stauden-Gattung, genau genommen, wird diese Sorte lediglich bis zu 2 Meter hoch, verfügt aber dennoch über eine große Anzahl von Ausläufern.



Abbildung 14: zeigt einen Zwerg-Holunder ©Foto: wurde freundlicherweise von Dr. Dörken, aus dem Jahrbuch des Bochumer Botanischen Vereins, zur Verfügung gestellt

Im Vergleich zu den bisher genannten Sorten, variieren die Größe der Blätter (Abb. 15), die immerhin mit einer erstaunlichen Länge von 20cm größer sind und die Farbe der Blüten, die rötlich-weiß bis rosa gefärbt sind und je nach Standort im Juni oder Juli zu blühen beginnen. (Abb. 16)

Die Holunderbeeren selbst gleichen denen des *Sambucus nigra*, gelten jedoch als die giftigsten ihrer Art.



Abbildung 15: zeigt die Blätter von Zwerg- Holunder



Abbildung 16: zeigt die rosa-schimmernde Blüte eines Zwerg-Hol. ©Foto: wurde freundlicherweise von Dr. Dörken, aus dem Jahrbuch des Bochumer Botanischen Vereins, zur Verfügung gestellt

2.5 Giftstoffe, Wirkung und Symptome

Wie bereits mehrfach erwähnt wurde, enthält der Holunder in den Blättern, den Beeren und der Wurzel Sambunigrin, ein cyanogenes Glykosid, welches schwach giftig ist und bei Menschen Erbrechen, Durchfälle, Magenbeschwerden, Schwindel, Sehstörungen und Herzrhythmusstörungen auslösen kann. Deshalb sollten die Beeren nicht roh verzehrt werden und auf gar keinem Fall von Kindern. Durch das Erhitzen wird das Blausäure abspaltende Glykosid allerdings freigesetzt²⁷.

In der Pharmazie wird das Sambunigrin als Homöopathisches Mittel bei Schnupfen, Muskel- und Gelenksrheumatismus eingesetzt sowie bei schweißtreibenden Präparaten.²⁸

Schwarzer Holunder ist nicht nur für den Menschen giftig, sondern auch für Schweine, Hunde, Hasen, Kaninchen und andere Nager, wie beispielsweise das Meerschweinchen und Hamster. Die Symptome einer Vergiftung gleichen denen bei Menschen. Für Pferde ist der Zwerg-Holunder giftig. Die Vergiftungserscheinungen zeigen sich durch Koliken, blutigem Durchfall, Schwindel, Erweiterung der Pupillen und Herzbeschwerden.

2.6 Verwendungen

Aus den Blüten, Früchten und Holzes des schwarzen Holunders lassen sich verschiedene Erzeugnisse herstellen und vermarkten.

2.6.1 Verwendung von Holunder als Heilmittel

Kaum eine andere Pflanze wie der Holunder lässt sich so vielseitig und umfassend nutzen: Blätter, Triebe, Rinde, Holz und selbst die Wurzel bieten Wertvolles.

Blüten als Tee verabreicht, haben eine stark schweißtreibende Wirkung, die vor allem bei grippalen Infekten, Bronchitis und Lungenentzündung Anwendung finden. Weiters soll dieser Tee auch schmerzlindernd bei Kopfschmerzen und HNO-Erkrankungen sein. Bei Leber- und Milzleiden empfiehlt sich Holunderblütenwasser, welches als Stoffwechselanregend und abführend bekannt ist.

Die gekochten Beeren haben eine immunstimulierende Wirkung auf den Körper. Bei Wasseransammlungen im Körper sollen eine abgeschabte Rinde und die zerkleinerte Wurzel des Strauches wirksam sein.

²⁷ Vgl. ebenda, Seite 16; Doerken, V.M;

²⁸ Vgl. ebenda, Seite 16;

2.6.2 Verwendung von Holunder als Farbstoff

Wegen seiner intensiven purpur-dunkelvioletten Färbung wurden die Früchte als Textilfärbemittel eingesetzt. Wohingegen man heutzutage, Holunderbeeren auf Grund ihrer hohen Farbdichte, hauptsächlich für die Herstellung von natürlich färbenden Produkten in der Lebensmittelindustrie verwendet.

2.6.3 Verwendung von Holunder als Lebensmittel

Der Holunder kann außer als Heilpflanze auch noch großartig in der Küche verwendet werden. Durch unterschiedliche Einsatzmöglichkeiten bietet er viele Abwechslungen auf dem Speiseplan.

Aus den Blüten und Früchten des schwarzen Holunders lassen sich verschiedene Erzeugnisse herstellen und vermarkten. Somit liefern Blüten erfrischende Getränke wie Holunderblütensirup, Holunderblütensekt, oder-wein, Glühwein, und wirksame Tees. Aber auch nahrhafte Speisen, wie Holunderkräpfen (Holunder im Backteig) können gezaubert werden. Aus den Beeren entstehen Farbstoffkonzentrate, die in der Getränke- und Teeindustrie für Säfte, Fruchtsaftgetränke, Nektare, Eistee, als Zusatz bei alkoholischen Getränken , in der Süß- und Backwarenindustrie für Fruchtgummis, Kaubon-bons, in der Milch-und Eisindustrie, Dessert, im Gesundheitsbereich als Anthocyanspender²⁹, verwendet werden können.

Durch die vielseitigen Verwendungsmöglichkeiten von Holunder und dem steigenden Interesse dieser Wildobstsorte, hat sich ein erwerbsmäßiger Anbau heraus entwickelt.

Die bedeutendste Holunder-Zuchtform im europäischen Holunderanbau ist die österreichische Sorte Haschberg. Diese blüht über eine längere Zeitperiode hindurch, wodurch die Erntezeit länger hinaus verzögert wird, da man nicht alle Dolden auf einmal erntet, sondern gestaffelt über zwei bis drei Wochen.

Neben der Standardsorte kamen in den letzten Jahren einige neue Holundersorten (Donau, Korsör, Mammut, Riese aus Voßloch, Rubin, Samdal, Samidan, Sampo und Samyl)³⁰ aus Dänemark und Österreich auf den Markt, die sich durch ihre Blütezeitpunkt, den Zeitpunkt der Fruchtreife, im Geschmack und der Fruchtgröße unterscheiden.³¹

²⁹ Vgl. ebenda (Seite12) Griesbacher

³⁰ Vgl. ebenda (Seite 16) Doerken, V.M;

³¹ Vgl. Walther E.,Grebenstein: Bundesversuch Schwarzer Holunder Sortenvergleich, 2011, online im WWW unter der URL: http://www.pdfdownload.org/pdf2html/pdf2html.php?url=http%3A%2F%2Fwww.lwg.bayern.de%2Fgartenakademie%2Finfoschriften%2Fobst%2Flinkurl_0_6_0_3157.pdf&images=yes

3 Aroma

Die Akzeptanz eines Lebensmittels hängt sehr stark von deren Aromastoffe, das sind flüchtige Verbindungen, die mit den Geruchsrezeptoren wahrgenommen werden können, ab. Mittels der Aromastoffanalytik kann versucht werden die Qualität der Lebensmittel zu verbessern und somit einen höheren Genusswert zu erhalten. In der heutigen Lebensmittelchemie spielt, neben der Aromastoffforschung auch die sensorische Beurteilung von Lebensmitteln (die in den folgenden Abschnitten als Lebensmittel sensorik bezeichnet wird) eine tragende Rolle.

Die Menge der in den Lebensmittelprodukten vorkommenden flüchtigen Verbindungen ist mit zirka 10-50 mg/Kg³² relativ gering, jedoch besteht sie aus vielen Komponenten, die allerdings nicht alle zur Aromausprägung eines Lebensmittels betragen. So kann es beispielsweise sein, dass Verbindungen niedriger Konzentrationen einen größeren Einfluss auf das Aroma haben, als jene die in höheren Mengen vorliegen. Andere wiederum, sind überhaupt nicht geruchsaktiv, obwohl sie in sehr hohen Konzentrationen vorkommen. Diejenigen Verbindungen, die das charakteristische Aroma eines Lebensmittels prägen, und deshalb auch als Schlüsselverbindungen „character impact compounds“ bezeichnet werden verdienen besondere Beachtung unter den Aromastoffen.

Aus diesem Grund ist die Kombination der Gaschromatographie mit Olfaktometrie eine sehr Wahl möglichst viele Informationen zu erhalten. Auf die instrumentell analytischen Methoden wird aber in den darauffolgenden Kapiteln genauer eingegangen.

Viele Menschen fragen sich jetzt wahrscheinlich, was macht die sensorischen Eigenschaften eines Lebensmittels eigentlich aus.

Laut Belitz, Grosch und Schieberle entsteht beim Verzehr eines Lebensmittels, durch das Zusammenwirken aller Sinne (Geruchssinn, Geschmackssinn, Tastempfindungen, optische und akustische Sinneseindrücke), ein Geschmackseindruck, der im Englischen als „Flavour“ und im Deutschen als Geschmack, bezeichnet wird.³³ Die dafür verantwortlichen Verbindungen werden grob in Geschmacks- und Geruchsstoffe, die gleichzeitig als Aromastoffe bezeichnet werden, unterteilt.

Geschmacksstoffe, die nur mit dem Geschmackssinn wahrgenommen werden, treten mit den Geschmacksrezeptoren im Mundraum, im Wesentlichen auf der Zunge, im Rachenraum und am Gaumen, in Wechselwirkung und sind bei Zimmertemperatur nicht flüchtig. Somit kann der Geruchssinn nicht angesprochen werden.

³² Vgl. Belitz, Grosch und Schieberle : Lehrbuch der Lebensmittelchemie (Seite: 346); 6. Auflage, Springer-Verlag

³³ Vgl. ebenda

Offiziell unterscheidet man 5 bekannte Geschmacksrichtungen: süß, sauer, salzig, bitter und umami, der durch Natriumglutamat hervorgerufen wird.

Aroma- oder Geruchsstoffe sind hingegen flüchtige Verbindungen, die mit den Geruchsrezeptoren im Nasenraum, wobei das Zentrum der Geruchswahrnehmung die *Regio olfactoria* (Riechepithel) darstellt, erkannt und wahrgenommen werden. Die Wahrnehmung kann entweder orthonasal oder retronasal erfolgen. Bei der orthonasalen Wahrnehmung erreichen die Aromastoffe die Geruchsrezeptoren beim Einziehen durch die Nase. Wohin gegen bei der retronasalen Wahrnehmung, die flüchtigen Substanzen durch das Kauen in der Mundhöhle freigesetzt und somit indirekt über den Rachenraum zu den Geruchsrezeptoren gelangen.

Die für den Geruchs- und Geschmackssinn verantwortlichen Verbindungen können sowohl für die Ausbildung des charakteristischen Aromas von Lebensmitteln verantwortlich sein, als auch für das Hervorrufen von Fehlgerüchen und –aroma (Off-flavour) in anderen Nahrungsmitteln.

3.1 Sensorischer Schwellenwert

Der Schwellenwert lässt sich im Grunde als eine Trennlinie zwischen zwei Konzentrationsbereichen einer Verbindung beschreiben, bei dem die eine Konzentration gerade noch zur Erkennung des Geruchs ausreicht, und bei der anderen nicht. Vergleiche mit der Literatur zeigen, dass es nicht möglich ist, einen absoluten Schwellenwert einer Verbindung für alle Personen festzulegen. Aus diesem Anlass wird der Schwellenwert in der Praxis als statistisches Konzept betrachtet³⁴, der in vielen Bereichen der Lebensmittelsensorik (Bestimmung der Schwellenwerte von geruchsaktiven Verbindungen) eine wesentliche Rolle spielt. Trotzdem kann festgestellt werden, dass der Schwellenwert eine Einschränkung der sensorischen Fähigkeiten des Menschen darstellt.

Generell unterscheidet man zwischen vier unterschiedlichen Schwellenwerten.³⁵

- Die Wahrnehmungsschwelle stellt die niedrigste Konzentration dar, bei der die Verbindung bereits wahrzunehmen, jedoch ihre Aromaqualität noch nicht eindeutig zuzuordnen ist.
- Bei der Erkennungsschwelle ist die Konzentration einer Verbindung, die zur Erkennung ihres Geruchs benötigt wird, gerade ausreichend genug.
- Die Unterschiedsschwelle, beschreibt einen Intensitätsunterschied der Konzentration bei miteinander vergleichenden Proben, die sensorisch gerade noch feststellbar sind.

³⁴ Vgl. Siegmund B., Habilitationsschrift: Die sensorische Qualität von Fruchtsäften und – nektaren, 2008, Seite 41

³⁵ Vgl. Meilgaard et al. 1999 (zit. nach Siegmund B., Habilitationsschrift ebenda)

- Die Sättigungsschwelle beschreibt jene Konzentration, bei der oberhalb dieser Schwelle keine Verstärkung des sensorischen Geruchs mehr bewirkt wird.

Entscheidend für die Schwellenwertkonzentration eines Aromastoffes ist unter anderem der Dampfdruck, der sich mit der Temperatur und den unterschiedlichen Medien (alkoholisch, stark zuckerhaltig, saurer) ändert. Zusätzlich können Wechselwirkungen mit anderen Aromastoffen einen starken Anstieg der Schwellenwerte bewirken.³⁶

3.2 Aromawert

Wie schon zuvor erwähnt, spielen in einer Probe nur diejenigen Verbindungen für die Ausbildung des charakteristischen Aromas, eine Rolle, deren Konzentration über den sensorischen Schwellenwerten liegt.³⁷

Für diese Komponenten kann ein „Aromawert“³⁸ bestimmt werden, der wie folgt

definiert wird:

- A... Aromawert
- c... Konzentration der Verbindung im Lebensmittel
- s... Geruchsschwelle der Verbindung im Lebensmittel

³⁶ Vgl. ebenda (Seite) Belitz, Grosch und Schieberle

³⁷ Vgl. ebenda (Seite)

³⁸ Vgl. ebenda (Seite)

4 Die sensorische Prüfung von Holunder

4.1. Grundprinzipien der sensorischen Prüfung

Essen und Trinken ist nicht nur als Zufuhr lebensnotwendiger Nährstoffe, sondern auch mit dem Genuss verbunden. So hängt der Erfolg eines Lebensmittels stark von den sensorischen Eigenschaften, Aussehen, Geruch, Geschmack und Textur, ab.

In den letzten 20 Jahren gewann die sensorische Analyse immer mehr an Bedeutung, vor allem im Bereich der Lebensmittelwissenschaft und auch im Marketing, wobei diese hauptsächlich auf die Konsumentenforschung abzielt. So handelt es sich bei der sensorischen Prüfung mittlerweile um eine anerkannte Prüfmethode die zur Beurteilung von Lebensmitteln und Bedarfsgegenstände herangezogen wird. Demnach stehen auch DIN-Normen zur Verfügung. Als Messinstrument werden Prüfpersonen eingesetzt, die über einen bestimmten Schulungsgrad, abhängig von der Prüfmethode, besitzen.

Die Sensorik wird in der Beurteilung von Lebensmittelprodukten und Bedarfsgegenständen als wichtiges Instrument immer bedeutsamer, so wird auch die Anzahl der Testmethoden zur Untersuchung von Produkten in Durchführung und in statistischer Auswertung zunehmend komplexer. Zum größtenteils erfolgt die Auswertung mittlerweile durch professionelle Computerprogramme.

4.2. Messinstrument Mensch

Bei den Prüfpersonen, die bei den sensorischen Untersuchungen eingesetzt werden unterscheidet man prinzipiell zwischen einem Konsumenten, die über kein sensorisches Wissen verfügen, und einem trainierten Prüfer.

Damit der Mensch als Analysengerät bei quantitativ-bewertenden Prüfungen zum Einsatz kommen kann, bedarf es einen sehr großen zeitlichen Aufwand. So sind eine Vielzahl verschiedener Schulungen und Ausbildungen notwendig, um aus ihm ein Messinstrument zu machen. Allerdings müssen dies Prüfpersonen Voraussetzungen, ausreichende Empfindlichkeit, mit sich bringen. Die grundlegenden Voraussetzungen die erfüllt werden müssen sind in den DIN Normen (DIN 10961 Teil 1 und 2) angeführt. Nachdem die Prüfer soweit geschult sind, dass sie auch reproduzierbar analysieren können, sind diese in der Lage kleine Unterschiede in den Intensitäten oder den Attributen zu erkennen.

Dem Institut für Analytische Chemie und Lebensmittelchemie steht durch die Arbeitsgruppe Humansensorik ein Expertenpanel aus 15 PrüferInnen zur Verfügung, die wöchentlich an Verkostungen teilnehmen und in regelmäßigen Abständen, je nach Produktmatrix, geschult werden. Dieses Expertenpanel wurde über die Jahre aufgebaut, was mit einem sehr großen Arbeitsaufwand verbunden war. Mit dieser Prüfgruppe wurden die sensorischen Untersuchungen am Holunder durchgeführt. Alle PrüferInnen erbrachten die nötigen Voraussetzungen der DIN 10961 Teil 1 und 2. Auch alle sensorischen Untersuchungen, die im Zuge dieser Arbeit durchgeführt wurden, erfolgten unter den entsprechend den DIN Normen (DIN 10952 Teil 1 und 2; DIN 10956; DIN 10959; DIN 10960; DIN 10962; DIN 10964; DIN 10966; DIN 10967-1; EN ISO 8526-2).³⁹

Bei einem Konsumentenpanel, besteht die Prüfgruppe aus Konsumenten, die ausschließlich nach der hedonischen Beurteilung, schmeckt oder schmeckt nicht, die Produkte beurteilen. Dabei wird das Produkt wahrgenommen und kann sich demnach auch nach dem Grad der Beliebtheit eines Produktes äußern.⁴⁰ Damit eine statistisch abgesicherte Aussage über ein Produkt getroffen werden kann, muss eine Konsumentenverkostung mit mindestens 60 Personen erfolgen (DIN 10974).

4.3 Eingesetzte Prüfmethoden

In diesem Abschnitt wird eine kurze Übersicht über jene sensorische Untersuchungsmethoden gegeben, die im Zuge dieser Arbeit eingesetzt wurden.

Damit das Sensorikpanel auf die Holundermatrix und den entsprechenden Attributen (grün, zitrusartig, florale Eindrücke) vorbereitet werden konnte, erfolgten anfangs produktspezifische Schulungen. So wurden zu Beginn dieser Arbeit Geruchstandards aus jenen Verbindungen hergestellt, die zuvor in wissenschaftlichen Untersuchungen von Holunderextrakten bestimmt wurden. Bei den eingesetzten Geruchstandards handelt es sich lediglich um 1-10 %ige Verdünnungen der Reinsubstanzen, die größtenteils in Methanol oder Ethanol verdünnt wurden. Im Anhang AI sind jene Substanzen aufgelistet, die zur Herstellung der Geruchstandards für die Schulungen benötigt wurden. Die Prüfprotokolle, die für die entsprechenden Schulungen erstellt wurden, sind im Anhang, A.VI angeführt.

³⁹ Vgl. Deutsches Institut für Normung e. V. online unter WWW URL: www.din.de [15.04.2012]

⁴⁰ Vgl. Hildebrandt G.: Geschmackswelten-Grundlagen der Lebensmittelsensorik (2008); Busch-Stockfisch M., Über Geschmack lässt sich nicht streiten-Sensorische Analyse im Überblick, Seite 84.

4.3.1 Einfach beschreibende (deskriptive) Prüfung

Die einfach beschreibende Prüfung oder auch als deskriptive Prüfung bezeichnet, bildet die Grundlage aller Profilprüfungen, bei der eine qualitative Beurteilung, durch Beschreibung mit entsprechenden Worten, des Lebensmittels erfolgt.

Im Allgemeinen dienen beschreibende Prüfungen dazu, die Eigenschaften eines Lebensmittels im Hinblick seiner Textur, Farbe, seines Geruchs oder Geschmacks, im Detail zu beschreiben.

Um ein Produkte exakt beschreiben zu können, muss das Vokabular eines Panels aufeinander abgestimmt sein. Aus diesem Grund spielt der Wortschatz einer Prüfgruppe eine wesentliche Rolle. Daher müssen die einzelnen Prüfpersonen lernen, ihren Wortschatz durch gezieltes Training (Schulungen) einerseits zu erweitern, und andererseits muss gewährleistet werden, dass das Panel eine gemeinsame „sensorische Sprache“ entwickelt.

Im Zuge dieser Arbeit wurden zahlreiche sortenreine Holunderblütenextrakte durch Anwendung der einfach beschriebende Prüfung sensorisch untersucht, wobei im Wesentlichen die Erlangung einer gemeinsamen Sprache im Vordergrund stand.

Das zentrale Ziel dieser Arbeit war, neben der qualitativen Beschreibung, die Beurteilung der Intensität einzelner Attribute mittels QDA[®] sowie der Einsatz einer wesentlich schneller-durchführbaren Methode, Projective Mapping.

4.3.2 Quantitativ-deskriptive Prüfung (QDA^{®41})

Bei der quantitativ-deskriptiven Prüfung (oder auch Profilprüfung und QDA[®] genannt) werden die Attribute, die durch die einfach beschreibende Prüfung festgelegt worden sind, in ihrer Intensität erfasst. So kann es beispielsweise sein, dass Proben mit den gleichen sensorischen Begriffen beschrieben worden sind, die sich jedoch in ihrer Intensität deutlich unterscheiden. Durch das Setzen einer Markierung an einer Skala kann man die einzelnen Attribute quantifizieren. Diese Methode setzt ein hohes Können der PrüferInnen voraus, da die Schwankungsbreite innerhalb einer Gruppe gering sein muss. Aus diesem Grund ist meistens ein hoher Schulungsgrad erforderlich ist.

Für die sensorische Untersuchung von Holunderblütenextrakten wurde eine 10cm lange Linienskala (Nominalskala) zur Quantifizierung der einzelnen Attribute (insgesamt 6: frische, grüne, grasige Note; grün-stängelig-Holunderrinde; grün-gärrige-schwefelige Noten; floral, rosenartig; Zitrusnote, typische

⁴¹ Vgl. Habilitationsschrift Siegmund B., Die sensorische Qualität von Fruchtsäften und –nektaren; 2008, Seite 27

Holunderblüte) herangezogen. Dadurch konnten nicht nur eine qualitative sondern auch eine quantitative Beurteilung erfolgen, die sich statistisch auswerten ließ und in einem Spinnennetz dargestellt werden konnte.

Obwohl diese Methode einen sehr hohen Schulungsgrad des Panels erfordert, zählt diese zu den wichtigsten sensorischen Techniken⁴², durch die sich umfassende Informationen zum Produkt erarbeiten lassen.

4.3.3 Projective Mapping (Napping®)

Eine weitaus kostengünstigere und schnellere Methode für die Unterscheidung von ähnlichen Produkten stellt „Projective Mapping“, die auch als Napping® bezeichnet wird, dar.⁴³

Entwickelt wurde diese Art der Methode hauptsächlich für die Befragung von Konsumenten.⁴⁴ Da diese jedoch an zunehmende Bedeutung gewinnt, wurde sie im Rahmen dieser Arbeit mittels Expertenpanel ausprobiert.

Bei dieser Methode stellt die Prüfperson die einzelnen zu untersuchenden Produkte auf die Oberfläche eines Blatt Papiers. Die Produkte können je nach Belieben angeordnet werden. Die einzige Bedingung, die erfüllt werden muss, ist, dass man die Produkte auf dem Blatt Papier nach den Ähnlichkeiten anordnet. Je ähnlicher diese Produkte zueinander sind, desto näher sollen sie auf dem Papier beieinander stehen, je größer die Unterschiede sind, umso weiter sollten sie voneinander entfernt sein. Außerdem soll zu jeder Gruppe das Ähnlichkeitsmerkmal, das von jeder Person selbst gewählt werden darf, dazugeschrieben werden. Die Abbildung 17 stellt die Darstellung schematisch dar.

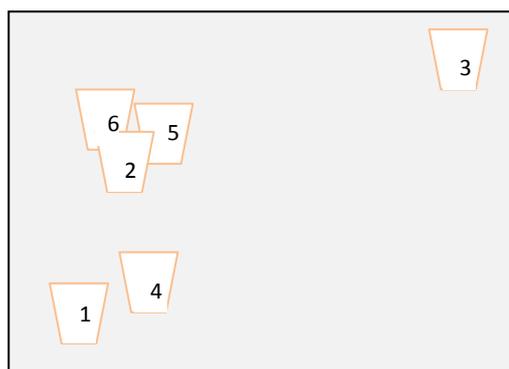


Abbildung 17: Schematische Darstellung der Anordnung von Proben bei Projective Mapping auf einem Blatt Papier

⁴² Vgl. Lawless H.T., Heymann H.: Sensory Evaluation of Food- Principles and Practices, 2nd edition, 2010, Seite 234

⁴³ Vgl. ebenda

⁴⁴ Vgl. ebenda

Demnach besitzen die drei Becher oben links (2,5, 6) große Ähnlichkeiten miteinander. Die beiden unteren (Becher 1 und 4) bilden auch eine Gruppe, wobei der Becher 4, leichte Ähnlichkeiten zum Becher 2 hat. Beim Becher 3 handelt es sich um einen Ausreißer, der anscheinend keine ähnlichen Merkmale aufweist. Im Anhang A V ist ein Prüfprotokoll der Projective Mapping Methode angeführt.

Bei dieser Methode werden den Proben, in diesem Fall Becher, x und y-Koordinaten zugeordnet, die dann in ein Statistikprogramm („R“) überführt werden und anschließend in zwei oder mehreren Dimensionen (MFA „multiple factor analysis“) geordnet werden können. Dadurch entsteht eine graphische Abbildung, aus der hervorgeht, welche Attribute mit welchen Proben korrelieren.

5 Arbeitstechniken zur Bestimmung der Aromastoffe in Holunder

Aromastoffe werden grundsätzlich durch ihre chemische Struktur und ihre sensorische Eigenschaften charakterisiert. Zur Untersuchung von Aromastoffen werden so genannte Aromastoffanalysen durchgeführt, deren Ergebnisse vor allem in der Lebensmittelindustrie eine große Rolle spielen.

Die Aufklärung des Aromas von Lebensmitteln kann durch instrumentelle Analytik in Kombination mit sensorischen Methoden erfolgen.

Die hohe Anzahl an Aromakomponenten -so sind beispielsweise im Tabellenwerk von Nijssen L.M insgesamt 7100 flüchtige Verbindungen aufgeführt die in über 450 Lebensmitteln zu finden sind⁴⁵- vor allem aber die verschiedenen chemischen Eigenschaften und deren komplexes Zusammenspiel, erschweren deren Bestimmung mit den unterschiedlichsten analytischen Methoden. Weiters sorgen die geringen Konzentrationen der zu analysierenden, flüchtigen Verbindungen, und die Überlagerungen der Substanzen innerhalb der Chromatogramme für weitere Komplikationen.

An dieser Stelle kann auch die Tatsache erwähnt werden, dass sich die vorliegenden flüchtigen Substanzen generell über einen weiten Konzentrationsbereich spannen, und somit die Methoden zur Charakterisierung eine wesentliche Rolle spielen und genau darauf abgestimmt werden müssen. An diese Problematiken knüpfen die instrumentell-analytischen Methoden an, wodurch eine Identifizierung und Quantifizierung der Aromastoffen bewerkstelligt werden kann.

5.1 Probenvorbereitung und Extraktion der Zielanalyten

Die Bestimmung der flüchtigen Stoffe in einem Lebensmittel erfolgt schrittweise, da die heutige Technik noch nicht in der Lage ist, die Proben direkt zu messen und unmittelbar danach eine Information der exakten Aromenzusammensetzung zu geben.

Um die Aromastoffe überhaupt messen zu können, müssen die flüchtigen Verbindungen isoliert werden. Aus diesem Grund ist es wichtig, dass die Probenmaterialmenge so gewählt wird, damit man auch jene Aromastoffe erfassen kann, die in sehr niedrigen Konzentrationen vorliegen, da gerade diese Verbindungen einen wesentlichen Beitrag zum Aroma leisten können. Es kann aber auch sein, dass andere Probleme auftreten, die nicht nur Regelung der Probenmenge behoben werden. So kommt es vor allem bei jenen Lebensmitteln zu Schwierigkeiten (Veränderung des Aromas), in

⁴⁵ Vgl. Belitz H.D., Grosch W., Schieberle P.: Lehrbuch der Lebensmittelchemie, 6. Auflage, 2008, (Seite 352)

denen Enzyme aktiv sind. Diese Art von Störungen können durch den Zusatz von Inhibitoren, beispielsweise CaCl_2 , eingeschränkt werden.⁴⁶

Außerdem sollte beachtet werden, dass man die Aromastoffe möglichst unter schonenden Bedingungen isoliert, da es ansonsten zu deutlichen Veränderungen des Aromas kommen könnte. Vor allem bei der Untersuchung von Holunderblüten ist hier besondere Vorsicht geboten, da es sich hierbei um ein recht instabiles Aroma handelt, das sich durch zu lange Stehzeiten oder verschiedene Temperatureinwirkungen relativ schnell verändert, und die flüchtigen Stoffe abgebaut werden.

Durch die Methode der *statischen Headspace-Analyse* lassen sich die im Dampfraum befindlichen Aromastoffe schonend und vor allem Lösungsmittelfrei erfassen. Dabei wird das Lebensmittel in einem geschlossenen Glasvial temperiert bis sich bei den flüchtigen Verbindungen ein Gleichgewicht in der Gasphase eingestellt hat. Durch eine Spritze oder einer Faser kann ein bestimmtes Volumen entnommen werden und danach in den Gaschromatographen überführt und dort chromatographisch aufgetrennt werden.

Eine in der Aromastoffanalytik häufig eingesetzte Methode stellt die Festphasenmikroextraktion (SPME oder auch „Solid Phase Microextraction“) dar, bei der die Zielanalyten zuerst an einer beschichteten *Fused-Silica*-Faser angereichert und anschließend im Injektor des Gaschromatographen thermisch desorbiert werden. Damit sich die flüchtigen Verbindungen an der Faser anreichern können, wird die Faser für einen bestimmten Zeitraum (variiert je nach Probenmatrix- bei der Anreicherung der flüchtigen Verbindungen von Holunder waren es 20min) über der Probe exponiert. Durch anschließenden Transfer in den Injektor des GCs werden die angereicherten Verbindungen thermisch desorbiert und gelangen direkt in die Säule, wo die Trennung stattfinden kann. Um eine wesentlich schärfere Trennleistung der Zielanalyten zu erhalten erfolgt eine Cryo-Fokussierung am Säulenkopf durch das Einblasen von flüssigem Stickstoff und anschließender Trennung bei Temperaturen von -10°C .

Die Abbildung 18 zeigt den schematischen Aufbau einer manuellen SPME-Faser-Halterung sowie die beschichtete Faser.

⁴⁶ Vgl. ebenda

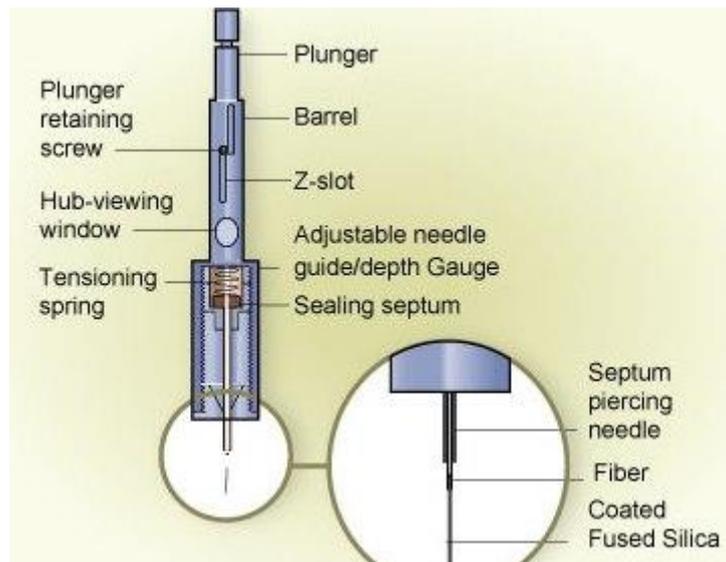


Abbildung 18: Schematische Darstellung einer SPME-Faser und Halterung von Supelco⁴⁷

Die einfache Handhabung, vollständige Automatisierung, der Verzicht auf Lösungsmittel aber auch die direkte Überführung des Analyten in den GC-Injektor stellen etliche Vorteile dieser Methode dar. Allerdings handelt es sich bei der Festphasenmikroextraktion um eine Gleichgewichtsmethode, bei der die Störungen des Gleichgewichts, zum Beispiel durch pH-Schwankungen, Temperatur und hohen Salzkonzentrationen, einen großen Einfluss auf die Richtigkeit der Methode haben.⁴⁸

5.2 Gaschromatographie

Die Gaschromatographie schließt alle Varianten der Chromatographie ein, in denen die mobile Phase ein Gas ist. Sie ist eine äußerst leistungsstarke Trennmethode, mit deren Hilfe die vielseitigsten Trennprobleme gelöst werden können. Durch Kopplung mit selektiven Detektoren können außerdem wichtige Informationen über die Inhaltsstoffe der Probe gewonnen werden, die des Öfteren ausreichend sind, um die Verbindung zu bestimmen.

Wie bei anderen Chromatographiearten erfolgt die Trennung dadurch, dass ein Stoffgemisch durch eine Säule transportiert wird und dabei in Wechselwirkung mit einer stationären Phase tritt. Die mobile Phase ist ein Gas, welches lediglich dem Transport der Analyten vom Injektor durch die Säule bis zum Detektor dient. Da der Transport der Analyten durch die Trennsäule in der Gasphase erfolgt, lassen sich prinzipiell alle Verbindungen, die einen ausreichenden Dampfdruck (Flüchtigkeit), aufweisen, analysieren. Stoffe, die diese Bedingungen nicht erfüllen, können trotzdem analysiert

⁴⁷ Vgl. online im WWW unter URL: <http://www.sigmaaldrich.com/technical-documents/articles/reporter-us/bioanalysis-with-spme.html> am [10.04.2012]

⁴⁸ Vgl. Pawliszyn J. Solid Phase Microextraction-Theory and practise, 1997

werden, jedoch müssen sie vor der Analyse durch Anwendung verschiedene Methoden zuerst zugänglich gemacht werden.

Ein großer Vorteil der Gaschromatographie sind die niedrigen Nachweisgrenzen, wobei diese sehr stark vom Detektor abhängen. Um diese Arbeit inhaltlich nicht zu sprengen, wird nicht weiter auf die Gaschromatographie und ihren Aufgaben eingegangen und verweise deshalb auf einschlägige Fachliteratur. (Instrumentelle Analytik, Camman Karl, Spektrum Verlag; Analytische Chemie, Matthias Otto, Wiley-VCH Verlag)

5.2.1 Gaschromatographie-Massenspektrometrie:

Im Zuge dieser Arbeit erfolgte die analytische Trennung durch gaschromatographische Methoden, Die flüchtigen Verbindungen der Holunderextrakte wurden mittels HS-SPME an einer DVB/Carboxen/PDMS Faser (2cm stable flex) angereichert, direkt im Injektor des Gaschromatographen thermodesorbiert und nach der chromatographischen Trennung an einer HP-5 Säule mittels Elektronenstoßionisation (EI) ionisiert.

Auf Grund der vielen zu identifizierenden Verbindungen ist der Einsatz eines massenselektiven Detektors von Vorteil. Dieser liefert eine Reihe von Massenspektren der zu untersuchenden Substanzen. Die Auswertung, die zugleich eine Interpretation der Massenspektren darstellt, erfolgt über den Vergleich der aufgenommenen Spektren mit den Daten einer Spektrenbibliothek. Eine eindeutige Identifizierung der Verbindungen konnte erst bei einer Übereinstimmung der berechneten Retentionsindices mit denen der Literatur oder einer entsprechenden Datenbank erfolgen, wobei die Retentionsindices üblicherweise auf mindestens zwei Säulen unterschiedlicher Polarität bestimmt werden sollten.

Die Tabelle 3 liefert die wichtigsten Eckdaten des GC-MS-Systems, das für die Analysen der Holunderproben herangezogen wurde.

Gaschromatograph	Agilent Technologies 7890A
Massenselektiver Detektor	Agilent Technologies 5975C MSD Scan modus 1.2889 mL/min 106.24 kPa MS Source: 230 C MS Quad : 150 C Solvent Delay : 3.00 min SPME: screening 40°C für 20min bei Blütenmenge 100mg und Extrakte 500µl Injektion mittels Autosampler
Injektor-Temperatur	220°C
Injektionsmodus	Split 5:1 oder Splitless
Detektor-Temperatur	230°C
Ionisation	EI (70eV)
Massenbereich	20-300 amu
Trägergas	He
Temperaturprogramm:	-10°C für 1 min dann 12°C/min bis 280°C für 3 min
Säule	Agilent 19091S-433HP-5MS 5% Phenyl Methyl Siloxan
Säulendimension	30 m x 250 µm x 1 µm

Tabelle 3: GC-MS Gerät, das für die Analyse der Blüten und Extrakte verwendet wurde

5.2.2 Gaschromatographie-Olfaktometrie:

Eine sehr wichtige Methode, die zur Bestimmung von flüchtigen, geruchsaktiven Verbindungen herangezogen wird, ist die Gaschromatographie-Olfaktometrie, die auch als GCO oder GC-sniffing bezeichnet wird. Der Unterschied zur konventionellen GC-Analyse ist der, dass die menschliche Nase dabei als Detektor fungiert. Diese Technik wird heutzutage sehr oft als Kombination mit anderen instrumentell-analytischen Untersuchungsmethoden eingesetzt, wodurch geklärt werden kann, welche der flüchtigen Verbindungen in einem Aromaextrakt über eine Geruchsaktivität verfügen und welche nicht. In weiterer Folge kann auch deren Intensität bestimmt werden, indem man

verschiedene Verdünnungstechniken, wie die Aromaextraktverdünnungsanalyse (AEVA) bei der man verdünnte Aromaextrakte schrittweise ab riecht, anwendet.

Bei der GC-O gelangen die zu „schnüffelnden“ Analyten durch manuelle Injektion in einen Gaschromatographen. Durch die stufenweise Erhitzung können die unterschiedlichsten Aromakomponenten nach und nach verdampft, und durch die Säule chromatographisch aufgetrennt werden.

Bei dieser Methode wird ein Teil des Probestroms zu einem herkömmlichen Detektor, in diesem Fall FID, geleitet und der andere Teil gelangt, in einem Splitverhältnis 1:1, über eine beheizte Transferleitung an den „Sniffing Port“, an dem eine menschliche Nase sitzt, welche die aufgetrennten Verbindungen wie ein Detektor wahrnehmen und auch identifizieren kann.

Dieser Teil wird mit befeuchteter Luft angereichert, um das Austrocknen der Nasenschleimhäute der Prüfpersonen zu vermeiden, und kann dann „abgerochen“ werden.⁴⁹

Die Transferleitung ist eine sehr wichtige Komponente der GC-O Methode, da es ansonsten zu einer Kondensation der Analyten auf dem Weg zum „Sniffing Port“ kommen würde.⁵⁰

Bei diesen Untersuchungen wurde die SPME-Faser vor der Injektion in den Gas-Chromatographen 20 Minuten bei 35°C in Holunderblütenextrakten exponiert. Damit wurde sichergestellt, dass möglichst viele relevanten flüchtigen Verbindungen in die Gasphase übergehen und sich an der Faser anreichern konnten.

Ein „Schnüffellauf“ läuft so lange, bis kein Geruch mehr über das Sniffing-port wahrgenommen wird. Am Ende entsteht ein Olfaktogramm, welches aus rechteckigen Signalintensitäten besteht.

Damit ein aussagekräftiges Ergebnis erhalten werden kann, müssen mehrere Prüfpersonen die Proben „schnüffeln“.

Um die Signalintensitäten jedoch bewerten zu können, erstellt man aus den gesammelten Ergebnissen der Prüfpersonen, die übereinander gelegt werden, anschließend eine „Detection Frequency“. Dadurch können Gemeinsamkeiten miteinander verglichen werden.

Damit geklärt werden konnte welche der Verbindungen das größte Aromapotentiale, und somit Einfluss auf die Ausbildung des charakteristischen Aromas haben, wurden sieben Verdünnungsschritte (200ng, 100ng, 50ng, 25ng, 10ng, 5ng, 1ng) der sortenreinen Holunderextrakte von drei Personen abgerochen. Im Rahmen dieser Arbeit wurde versucht, die sensorische Relevanz, angegeben als %SNIF-Value („Surface Nasal Impact Frequency“)⁵¹, einzelner geruchsaktiver Verbindungen in den Holunderextrakten zu bestimmen.

⁴⁹ Vgl. Die Kombination analytischer und sensorischer Methoden zur Bestimmung geruchsaktiver Substanzen, Habilitationsschrift, UA DI Dr. Erich Leitner, Technische Universität Graz, 2003, 13-18; 45-46

⁵⁰ Vgl. ebenda Siegmund S. Habilitationsschrift

⁵¹ Vgl. Siegmund S., Leitner E., Innerhofer G., Pabi N.: Vergleich des Blütenaromas verschiedener Holundersorten (Sambucus nigra L.) mit verschiedenen Techniken der Aromastoffanalytik, 2012, Lebensmittelchemikertage

Die Tabelle 4 liefert die wichtigsten Eckdaten des GC-O-Systems unter Verwendung eines FID-Detektors.

Gaschromatograph	Hewlett-Packard 5890 II
Detektor	FID
Injektor-Temperatur	270
Injektionsmodus	Splitless (1:1)
Probenmenge	200 µL, 100 µL, 50 µL, 25 µL, 10 µL, 5µL, 1µL
Detektor-Temperatur	300
Trägergas	Helium
Temperaturprogramm:	35°C 2°C/min 250°C für 2 min
Säule	HP-5 5% Phenyl Methyl Siloxan
Säulendimension	30 m x 250 µm x 0.25 µm Vordruck: 1 bar

Tabelle 4: GC-FID Geräteeinstellung für GCO

5.3 Retentionsindices

Da die Aromastoffe mittels Spektreninterpretation der GC-MS-Analyse nicht immer eindeutig identifiziert werden können, vor allem wenn Verbindungen coeluieren (Überlagerungen in den Chromatogrammen) oder Massenspektren der Verbindungen generell sehr ähnlich sind, dann bedient man sich der Methode der Retentionsindex-Bestimmung.

Diese Bezeichnung wurde erstmals für die homologe Reihe der n-Alkane, zur Charakterisierung von Retentionszeiten anstelle des Begriffs der Retentionszeit, von Kovats im Jahr 1958 geprägt. Dabei wurden die n-Alkane als Standardsubstanzen festgelegt, wobei jedem der einzelnen Kohlenwasserstoffatome der 100-fache Wert, als Referenz zugeteilt wurde. So ergibt beispielsweise der RI für Methan 100, für Ethan RI= 200, für Propan RI=300.

Da nicht nur die Alkane mittels des Kovats-Index charakterisiert werden sollen, gibt der Retentionsindex, für alle übrigen Verbindungen, die relative Lage des Substanzpeaks in einem Chromatogramm an, wobei zwischen den Retentionszeiten der benachbarten n-Alkane interpoliert wird.⁵²

⁵² Vgl. Schewdt 1992; Poole et al. 1994 (zit. nach Siegmund B., Dissertation, Untersuchung und Optimierung der Aromaeigenschaften eines Convenience-Food Produktes, 1997, Seite 22).

Im Bereich der Aromastoffanalytik ist es ziemlich oft der Fall, dass man zwischen Isomeren (cis oder trans-Stellung) oder flüchtigen Verbindungen mit sehr ähnlichen Massenspektren unterscheiden muss und das gelingt nur mit den linear temperaturprogrammierten Retentionsindices, die durch eine lineare Interpolation zwischen zwei Referenzpeaks nach einer mathematischen Gleichung von van den Dool und Kratz 1963 berechnet wurden.⁵³ Damit eine eindeutige Identifizierung der Verbindungen in den Holunderextrakten erfolgen konnte, wurden die Retentionsindices berechnet und mit denen der Institutseigenen Datenbank⁵⁴ sowie der Literatur (flavornet.org) verglichen.

⁵³ Vgl. van den Dool et al. 1963 (zit. nach Dissertation Siegmund B.: Untersuchung und Optimierung der Aromaeigenschaften eines Convenience Food Produktes, 1997

⁵⁴ SKAF Datenbank, Institut für Analytische Chemie und Lebensmittelchemie, TU Graz

6 Aromastoffe im Holunder

6.1 Aromastoffe in Holunderblüten

In sämtlichen Literaturstellen wurden die Aromastoffe des Holunders hauptsächlich in Holunderblütenextrakten bestimmt. Nur ein einziger wissenschaftlicher Bericht, beschrieb die flüchtigen Verbindungen des Holunders, wobei es sich hierbei um getrocknete Blüten gehandelt hatten.

Der Grund liegt vermutlich darin, dass es sich bei den Holunderblüten um äußerst anspruchsvolle und herausfordernde Proben handelt, die nur sehr schwierig zu lagern sind. Deshalb bereitet man Holunderblütenextrakte zu, die auch über einen längeren Zeitpunkt entweder gekühlt oder tiefgekühlt werden können, und somit recht stabil sind.

Nur durch Untersuchungen von Holunderblüten der Sorten Haschberg, Rubin und einiger Wildsorten, am Institut für Analytische Chemie und Lebensmittelchemie der Technischen Universität Graz, konnten über 100 flüchtige Verbindungen nachgewiesen werden.

Untersuchungen von Bonnier und de Layens, im Jahre 1970, sowie Bayonove in 1973 beschreiben das Blütenaroma als angenehm und wohlriechend und finden, dass es dem des Muskat-Aromas ähnelt.⁵⁵ Das liegt vermutlich daran, da in den getrockneten Holunderblüten die Terpene Linalool, Hotrienol, α -Terpineol, Nerol, Geraniol und Linalool oxide ebenso in höheren Konzentrationen vorliegen, wie im Muskatwein, wobei diese sogar die Schlüsselverbindungen des Mukataromas darstellen.⁵⁶ Hotrienol stellte jedoch die größte Menge, mit 70 mg/kg getrockneter Blüten dar, dessen Aroma dem der Lindenbüten gleicht und somit auch dem des Muskats ähnelt.

Ternes ist der Ansicht, wie im Abschnitt 2.2.4 auf Seite 18 bereits erwähnt wurde, dass die Verbindungen Phenylacetaldehyd, 2-Furaldehyd sowie Neroloxid, (Z)-Rosenoxid, Hotrienol, β -Damascenon, Pentanal und Linalool die Schlüsselverbindungen des charakteristischen Holunderblütenaromas prägen.⁵⁷

Einen wesentlichen Beitrag für die Erforschung der Aromastoffe im Holunder lieferte K. Kaack, durch zahlreiche Studien. So konnten die Aromastoffe des Holunders durch olfaktorische und quantitative Analysen ermittelt, sowohl auch Fragen, welche Parameter (Zucker- und Zitronensäurekonzentration als auch das Vorhandensein von Ascorbinsäure) für die Verarbeitung eine Rolle spielen, und welche

⁵⁵ Vgl. Toulemonde B., Richard H.: Volatile Constituents of Dry Elder Flowers; J. Agric. Food Chem. 1983, 31, (365-370)

⁵⁶ Vgl. Cordonnier, 1956; Stevens et al., 1966; Bayonove et al., 1976; (zit. nach Toulemonde B., Richard H.; siehe ebenda),

⁵⁷ Vgl. ebenda, Ternes, Seite 18

Auswirkungen das für die Herstellung von Holunderblütenprodukte haben können, geklärt werden. Seine Ergebnisse der Zusammensetzung des Holunderblütenaromas beziehen sich jedoch immer auf jene flüchtigen Verbindungen, die in den Extrakten zu finden sind. Diese können aber trotzdem im Abschnitt X Seite X, mit meinen Auswertungen, da im Rahmen dieser Arbeit nicht nur die Aromastoffe der Holunderblüten, sondern auch jene in den Holunderblütenextrakten determiniert worden sind, verglichen werden.

Bei den Untersuchungen von Innerhofer und Siegmund wurden, wie anfangs bereits erwähnt, die Holunderblüten von den steirischen Hauptsorten Haschberg und Rubin sowie von einigen Wildsorten analysiert. Dabei konnten über 100 Aromastoffe mittels Headspace Solid-Phase Mikroextraktion (HS-SPME) nachgewiesen werden, wobei vielen von ihnen, durch ein Zusammenspiel ihrer Verbindungen das Aroma der Holunderblüten prägen.⁵⁸ Vor allem aber, dürften die Verbindungen Ocimen, Linalool sowie Linalooloxid und Epoxyllinalool, ein entscheidend für die Ausprägung des Aromas sein. Außerdem ging aus dieser Arbeit hervor, dass der Standort der Pflanze eine untergeordnete Rolle spielt und zu keiner weiteren Unterscheidung der Aromaprofile spielt.⁵⁹

Im Großen und Ganzen kann allerdings gesagt werden, dass man in der Literatur, für die Zusammensetzung des Aromas, wie auch für deren mengenmäßigen Anteile, keine einheitlichen Angaben zu finden sind, und sich stark voneinander unterscheiden, was unter anderem auf verschiedenste Probenvorbereitungstechniken in Verbindung mit dem fragilen Blütenaroma zurückzuführen ist. Außerdem können auch andere Faktoren, wie beispielsweise der Blütensatz oder der Befall von Läusen eine Rolle spielen.

6.2 Aromastoffe in den Holunderblütenextrakten

In der Literatur sind Angaben über die Aromastoffe und der Aromazusammensetzung der Holunderblüten lediglich in den Holunderextrakten zu finden. Laut Toulemonde und Richard⁶⁰ deckt sich der Geruch des Blütenextrakts mit dem der nativen Blüten besser als wenn man ätherische Öle aus den frischen Blüten herstellen würde. Trotzdem kommt es auch bei den Extrakten zu einem deutlichen Verlust der flüchtigen Verbindungen, die für das intensive und angenehme Aroma verantwortlich sind. Ursachen können entweder in der Art der Zubereitung der Extrakte oder in der Probenvorbereitung liegen.

⁵⁸ Vgl. Innerhofer G., Siegmund B.: Aromakomponenten in Holunderblüten. *Haidegger Perspektiven*(2011/1) 6-7.

⁵⁹ Vgl. ebenda.

⁶⁰ Vgl. Ebenda Toulemonde B., Richard H.

Nichtsdestotrotz, handelt es sich bei den Holunderblütenextrakten um sehr beliebte Erfrischungsgetränke in vielen europäischen Ländern, allen voran England, Schweden und Dänemark. So betrug allein der Markt in Großbritannien, im Jahr 1995, für Holunderblütengetränke 15 Millionen Liter, was einen Jahresumsatz von 9,5 Millionen Pfund zur Folge hatte.⁶¹

Allein auf Grund dessen spielt die Erforschung der flüchtigen Stoffe und demzufolge auch eine Optimierung der Prozessschritte zur Herstellung des Extraktes, eine bedeutende Rolle.

Kaack, der auf dem Gebiet der Erforschung der Aromastoffe in Holunderblütenextrakte Pionierarbeit geleistet hat, ist jedoch auch der Meinung, dass die Menge der entsprechenden Zusatzstoffe wie Zucker, Zitronensäure und Ascorbinsäure, die für die Extrakterzeugung benötigt werden, wesentliche Auswirkungen auf die Aromaausbildung haben.⁶² Diese Aussage kann durch die bisherigen Untersuchungsergebnissen, meinerseits, nur bekräftigt werden kann.

Folgende flüchtige Verbindungen (Tabelle 5) konnten durch die Arbeiten von Kaack⁶³ und seinen Mitarbeitern in verschiedensten Holunderextrakten identifiziert, und dem „Gesamt-Holunderaroma“ zugeordnet werden. Auch die Angaben über die Geruchsbeschreibungen stammen aus dieser Literatur, obwohl diese mit anderen Quellenangaben nicht eindeutig übereinstimmen.

Verbindungen im Holunder:

Verbindung	Geruchsbeschreibung
Pentanal	Fruchtig, Vanille
Hexanal	frisch geschnittenes Gras
1-Penten-3-on (Pentenon, Ethyl vinyl keton)	stechend, Senf
4-Methyl-3-penten-2-on	süß, blumig, synthetisch
Butanol	"Fuselalkohol", medizinisch
α -Phellandren	Terpentin, minzig, würzig, Zitrus
α -Terpinen	Zitrone, fruchtig
Heptanal	fettig, Zitrus, ranzig
Limonen	Zitrus, Orange, Zitrone
2-and 3-Methyl-1-butanol	fruchtig, süß, Wein, malzig, Whiskey
(Z)- β -Ocimen	blumig-süß, fruchtig, herb
γ -Terpinen	Treibstoff, Terpentin, Limette
(E)- β -Ocimen	süß, herb, Tropische Früchte
3-Hydroxy-2-butanon (Acetoin)	Butter, cremig, fettig
Octanal	Zitrus, Seife, grün
1-Octen-3-on	Schwammerl

⁶¹ Vgl. Prendergast H. D. V., Dennis F. : Superior merits of a troublesome weed- Elder in the 1990s. Br. Wildlife 1997, 8, 281-286 (zit. nach Jorgensen U., Hansen M., Christensen L.P, Jensen K. und Kaack K)

⁶² Vgl. Kaack K.: Processing of aroma extracts from elder flower, Eur. Food Res. Technol. (2008), 227: 375-390

⁶³ Vgl. ebenda

(Z)-3-Hexenyl acetat	grün, Banane, fruchtig
6-Methyl-5-hepten-2-on	süß, fruchtig, grün
cis-Rosenoxid	Holunderblütensirup, süß, Rosen
Hexanol	frisches Gras, blumig, Rosinen
(E)-Rosenoxid	blumig, Holunderblüten
(E)-3-Hexenol	grün, frisch, Moos
(Z)-3-Hexenol	frisches Gras, grün
Nonanal	schwach Holunderblüten, fettig, Zitrus, grün
(E)-2-Hexenol	grün, Blätter, Walnuss
(E)-2-Octenal	grün Gras, Blätter, Walnuss
(Z)-Linalooloxid (furan)	Holunderblüte, erdig, bumig
1-Octen-3-ol	schwammerl, erdig
Nerol oxid	Holunderblütensirup, blumig, ölig
(E,E)- 2,4-Heptadienal	fettig, gebacken, grün
Heptanol	grün, herb
Camphor	medizinisch
Benzaldehyd	Mandeln, süß, verbrannter Zucker
Linalool	blumig, Friesen, Lavendel, süß
Octanol	scharf, fettig, würzig, Moos, Nuss, schwammerl
β -Caryophyllen	holzig, würzig, blumig
Hydroxylinalool	blumig
Terpinen-4-ol	holzig, erdig, süß, Muskat, Terpentin, Most
Hotrienol	leicht blumig, Holunderblüten, Hyacinthen
Safranal	kräuterartig-süß
α -Terpineol	leicht süßlich, blumig, Anis, Minze
1,1,6-Trimethyl-1,1-dihydronaphthalen (1,1,6-TDN)	Lakritz
Methyl salicylat	minzig, süß, Pfefferminze
Citronellol	süß, Rosenartig
Nerol	süß, blumig, Zitrus
β -Damascenon	Holunderbeeren, fruchtig, Rosen, Honig
Geraniol	süß, blumig, Rosen
Benzyl alcohol	blumig, süß, Rosen
2-Phenylethanol	blumig, Rosen, Honig, würzig, Lilien

Tabelle 5: entdeckte Verbindungen in Holunderextrakten

Demnach kommen die blumig-grünen Noten der Holunderblüten durch das Auftreten von Hotrienol, Rosenoxid, Neroloxid und Linalool zustande, wohingegen die frischen, grünen Gerüche mit dem Vorhandensein von Hexanol, (Z)-3-Hexenol und Hexanal korrelieren. Fruchtige Noten werden durch Ester mit niedrigen Carbonsäuren und Alkoholen verursacht. ⁶⁴

⁶⁴ Vgl. Eberhardt R., Pfannhauser W.: Analyse flüchtiger Inhaltsstoffe des Holunders. Mikrochim. Acta 1985a, 1, 55-67 (zit. nach Jorgensen U., Hansen M., Christensen L.P, Jensen K. und Kaack)

Nahezu alle dieser oben genannten Verbindungen werden in Pflanzen durch unterschiedliche Abbauprozesse natürlich gebildet. So entstehen niedermolekulare Aldehyde, Ketone und Alkohole aus der homologen Reihe der Alkane durch den Fettsäureabbau, wohingegen die Verbindungen Benzaldehyd, Methyl salicylat, Benzyl alcohol sowie 2-Phenylethanol aus dem Shikimatweg hervorgehen. Bei allen anderen Verbindungen handelt es sich um Terpene und deren Derivate, die als sekundäre Pflanzenstoffe gebildet werden.⁶⁵

Das bloße Vorhandensein dieser Verbindungen ist nicht ausreichend, um einen holundertypischen Gesamtsinneseindruck (Geruch und Geschmack) zu erzeugen, sondern das komplexe Zusammenspiel dieser geruchsaktiven flüchtigen Verbindungen, bestimmt diesen äußerst interessanten, wohlriechenden und vielschichtigen Geruch.

⁶⁵ Vgl. Breitmaier E.: Terpene- Aromen, Düfte, Pharmaka, Pheromone, 2005, Wiley-VCH-Verlag, Seite 59-110

7 Sensorische Untersuchungen von Holunder

Holunderblüten enthalten zahlreiche unterschiedlicher Verbindungen, die in den Pflanzen durch natürliche Stoffwechselwege, wie Fettsäureabbau, Shikimatweg, oder durch Herstellung von sekundären Pflanzenstoffen, gebildet werden. Bei einer Vielzahl von ihnen, handelt es sich jedoch um äußerst geruchsaktive, flüchtige Verbindungen (Aromastoffe), die durch ein komplexes Zusammenspiel für die Bildung des typischen Holunderblütenaromas, das an leicht zitrusartige und blumige Noten erinnern lässt, verantwortlich ist.

Da das Aroma der Blüten für die Herstellung unterschiedlicher Produkte von steigendem Interesse ist, sollte im Zuge dieser Arbeit die Aromastoffe von nativen Holunderblüten und in weiterer Folge in Blütenextrakten, sowohl durch instrumentell-analytischer Methoden und als auch durch Einsetzen von sensorischer Methoden mittels Expertenpanel untersucht werden.

Wie bereits im Kapitel 4 erwähnt besteht die Arbeitsgruppe Humansensorik aus einem Expertenpanel, bestehend aus 15 Prüfpersonen unterschiedlichen Alters und Geschlechts, mit dem verschiedene Fragestellungen der Lebensmittelsensorik geklärt werden können.

Damit die einzelnen PrüferInnen mit der Materie Holunder vertraut gemacht wurden, erfolgten anfangs produktspezifische Schulungen. So wurden zu Beginn dieser Arbeit Geruchstandards aus jenen Verbindungen hergestellt, die zuvor in wissenschaftlichen Untersuchungen von Holunderextrakten bestimmt wurden. Bei den eingesetzten Geruchstandards handelt es sich lediglich um 1-10 %ige Verdünnungen der Reinsubstanzen, die in weiterer Folge durch den Gebrauch von Riechstreifen abgerochen und die Gerüche eingepreßt werden konnten. Im Anhang AI sind jene Substanzen die zur Herstellung der Geruchstandard (Standards) für die Schulungen benötigt wurden aufgelistet. Die einzelnen Prüfprotokolle, die für die entsprechenden sensorischen Untersuchungsmethoden eingesetzt wurden, sind auch im Anhang, A V angeführt.

Eine zu Beginn eher nebensächliche Fragestellung, welchen Einfluss der sich auf den Blüten befindende Blütenstaub für das Holunderblütenaroma hat, stellte sich im weiteren Verlauf der Arbeit als äußerst wichtig dar, und konnte durch eine einfach beschreibende Prüfung des Expertenpanels geklärt werden.

Aus diesem Grund bekamen die Prüfpersonen drei Holunderproben (Abb. 19), wohingegen alle drei dieser Holunderblüten ident waren bloß mit dem Unterschied, dass bei einer dieser Proben der Blütenstaub, durch Abschütteln und vorsichtigem Abwaschen mit Leitungswasser, entfernt wurde.



Abbildung 19: Differenzierung der Holundersorten mit und ohne Blütenstaub

Von 15 Prüfern beschrieben 14 Personen die Holunderblüten ohne Blütenstaub als weniger holundertypisch, und wenig intensiv (Tabelle 6). Zugleich nahmen die herben Noten (leicht harzig, Holunderrinde) und stängeligen Noten, zu. Im Gegensatz zu den Holunderblüten mit Blütenstaub, die als intensiver, holundertypisch, floraler und kräuterartig sowie Zitruszeste, bezeichnet wurden.

Holunderblüte	Beschreibung
Holunderblüte Brockmann-gasse ohne Blütenstaub	grün, stängelig, geschälte Holunderrinde, leicht floral im Hintergrund, leichte Zitrusnote, leicht gärig fruchtig, süßlich, leicht herb, leicht harzig
Holunderblüte Brockmann-gasse	süßer, schwerer intensiv Holunder, rosenartig, duftig, floral intensiver als 1. Probe, würzige Noten, kräuterartig, blumig, leicht nach Zitruszeste, grüne, leicht beißende Note, bronzeln
Holunderblüte Brockmann-gasse	intensiv, süß, Almdudler-kräuterig, Zitruschale, Zitruszeste, schwerer Blütenduft grün-grasig, süßlich-Honig intensiver Holundergeruch, bronzeln

Tabelle 6: beschreibende Prüfung am Beispiel von frischen Holunderblüten

Um zu sehen, ob dieses Ergebnis konsistent ist, erfolgte eine Wiederholbestimmung (Tabelle 7).

Holunderblüte	Beschreibung
Holunderblüte Jakob-Rettenbachergasse	Grünschnitt, angeschnittene Brennnesseln, rosenartig, würzig, Honignote, leicht stechend, erdig, bronzeln, schwarze Johannisbeere, schwerer Blütenduft, intensiv, süßlich, Zitronenschale
Holunderblüte Jakob-Rettenbachergasse ohne Blütenstaub	grün-stängelig, fahl, wenig Hollerblüte, leicht floral, Zitrusnote, leicht gärig, süßlich, leicht herb, fruchtig, leicht harzig, geschälte Holunderrinde eher schwach kalkig
Holunderblüte Jakob-Rettenbachergasse	süßlich, Honignote, Rhabarber, zitrusartig, intensiver Blütenduft, frische Brennnesseln (Spinat), Pfingstrosen, Wiese, herbe Noten

Tabelle 7: Wiederholung der beschreibenden Prüfung am Beispiel von frischen Holunderblüten

Nach diesen beiden einfach deskriptiven Prüfungen, kann festgestellt werden, dass die Prüfgruppe einen Unterschied zwischen den frischen Blüten mit Blütenstaub und ohne Blütenstaub feststellen können. Damit diese Aussage bekräftigt werden kann sollten auch instrumentell-analytische Untersuchungen durchgeführt werden.

7.1 Zubereitungen der Holunderblütenextrakte

Da die Lagerfähigkeit der Blüten zeitlich stark begrenzt war, wurde beschlossen, aus elf sortenreinen Blüten (Tabelle 8) und einem Wildholunder aus Feldbach, die durch die Arbeitsgruppe Holunder der Landwirtschaftskammer Steiermark zur Verfügung gestellt wurden, Blütenextrakte herzustellen, die dann in Glasflaschen abgefüllt und eingefroren wurden. Somit konnte ohne weiteres eine längere Lagerung ohne signifikante Änderungen der sensorischen Eigenschaften bewerkstelligt werden. Die hergestellten Blütenextrakte konnten dann im Hinblick deren sensorischen Eigenschaften mit den unterschiedlichen Methoden der Lebensmittelsensorik, wie auch der Aromastoffanalytik die im Abschnitt 8 erwähnt wird, untersucht werden. Im Zuge dessen, konnten auch die Auswirkungen von technologischen Aspekten, wie die Veränderung des Aromas durch die Dauer der Extraktion sowie der Einflüsse von Zucker und Zitronensäure mit Hilfe von deskriptiven Prüfungen ermittelt werden.

Holundersorte
Sämling
Klon 17
Hamburg
Klon 14
Tattin
Rubin

Haschberg
Klon B
Klon 311
Klon 25
Klon 13
Wildholunder aus Feldbach

Tabelle 8: Übersicht der 11 kultivierten Holundersorten und einer zusätzlichen Wildsorte

Da die unterschiedlichsten Rezepturen zur Herstellung der Blütenextrakte im Umlauf sind, traten im Vorfeld viele Fragen auf. So kam die Frage der benötigten Blütenmenge, die für die Ausprägung des Holunderblütenaromas entscheidend sei, auf. Oder ob der Einsatz von einer bestimmten Menge an Zucker oder Zitronensäure das Aroma optimal zur Geltung bringen. All diese Parameter üben einen wesentlichen Einfluss auf den Geruch und den Geschmack der Extrakte aus, das bestätigten auch die wissenschaftlichen Ergebnisse von Kaack⁶⁶, der ein Vorreiter der Erforschung des Holunderblütenaromas in Extrakten ist.

Aus diesem Grund wurden mit den frühblühenden Holunderblütensorten, die in der näheren Umgebung zu finden waren (Abb. 20), kleine Vorversuchsansätze mit vielen verschiedenen Rezepturen (Tabelle 9) hergestellt.



Abbildung 20: gesammelten Blüten, die für die Extrakt-Herstellung der Vorversuche verwendet wurden

⁶⁶ Vgl. ebenda Kaack K.: Processing of aroma extracts from elder flower (*Sambucus nigra* L.)

Aufstellung aller verwendeten Rezepturen
Rezeptur A ⁶⁷
Rezeptur B (Rezeptur A mit Zusatz von Vegazym M)
Rezeptur C (Rezeptur A mit Zusatz von Distizym)
Rezeptur D (Rezeptur A als Heißaufguss)
Rezeptur E (Rezeptur A ohne Zucker)
Rezeptur F (Rezeptur A ohne Zitronensäure)
Rezeptur G ⁶⁸
Rezeptur H ⁶⁹

Tabelle 9: Rezepturen

Um zu klären, ob ein Heißaufguss einer Kaltextraktion, auf Grund der hygienischen (auf den Blüten befinden sich Mücken und andere kleine Tierchen) aber auch der mikrobiologischen Bedenken nicht doch vorzuziehen ist, wurde auch hier ein Versuch gestartet. Da in der Fruchtsaft verarbeitenden Industrie der Zusatz von natürlich vorkommenden Enzymen zur Stabilisierung des Produktes und Verbesserung der Produktqualität gestattet ist, sollte der Einfluss von zwei Enzymen in den Holunderextrakten, Distizym Arom und Vegazym M, untersucht werden.

Die Zusammensetzungen der einzelnen Rezepturen sind im Anhang VI angeführt. Die Herstellung der Extrakte erfolgte bei den Rezepturen A, B, C, E, F, G gleich. Der Zucker und die Zitronensäure wurden in der entsprechenden Wassermenge durch langsames Zugeben gelöst und leicht erwärmt (bis sich alle Stoffe vollständig gelöst haben). Sobald die Extraktlösung abgekühlt war, konnten die gerebelten Blüten hinzugefügt werden und für 3 Tage kühl und dunkel (Kühlraum) aufbewahrt werden. Im Falle des Heißaufgusses wurde die Extraktlösung auf 70°C erhitzt und die Blüten damit übergossen. Beim Extrakt ohne Zucker wurde lediglich die Zitronensäure mit dem Wasser vermischt und die Blüten hinzugegeben. Bei der Rezeptur von Kaack⁷⁰ wird auf den Zusatz von Zitronensäure verzichtet, allerdings werden Ascorbinsäure und Natriumbenzoat als Konservierungsmittel, und ein übermäßig großer Anteil an Zucker (8-fache Menge im Vergleich zur Rezeptur A, und 3-fache Menge von Rezeptur G) hinzugefügt. Das Wasser wird mit den zugesetzten Bestandteilen auf 70°C erwärmt, damit sich der Zucker vollständig lösen kann. Nachdem die „Zuckerlösung“ wieder abgekühlt ist, werden die Blüten mit der Extraktlösung angesetzt.

⁶⁷ entspricht der Rezeptur der Firma Grünewald

⁶⁸ entspricht der Rezeptur von Kaack K.; Vgl. Olfactory and Quantitative Analysis of Aroma Compounds in Elder Flower (Sambucus nigra L.) Drink Processed from Five Cultivars

⁶⁹ entspricht der Rezeptur meiner Urgroßmutter

⁷⁰ Vgl. ebenda Kaack K.: Processing of aroma extracts from elder flower (Sambucus nigra L.),

In den Abbildungen 21-26 sind die verschiedenen Versuchsansätze während der Extraktion abgebildet.



Abbildung 21: Rezeptur A

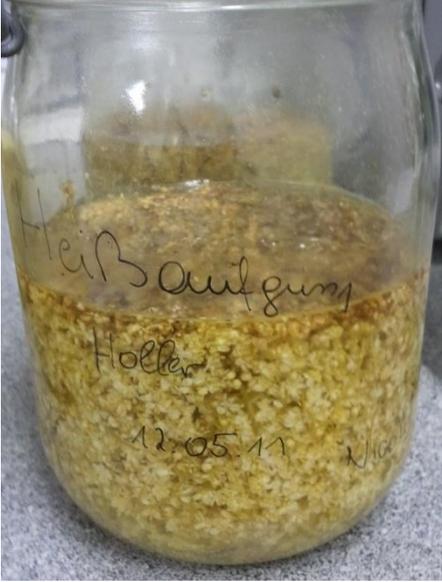


Abbildung 22: Rezeptur D



Abbildung 23: Rezeptur C



Abbildung 24: Rezeptur B

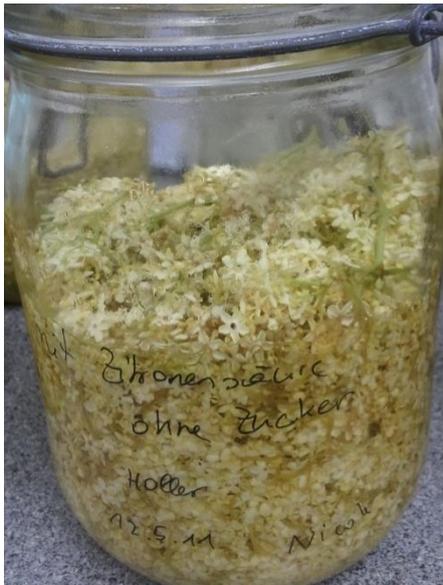


Abbildung 25: Rezeptur E



Abbildung 26: Rezeptur F

Nachdem die fertig hergestellten Extrakte für 3 Tage im Kühlraum aufbewahrt wurden, konnten diese mittels Stofftücher abfiltriert und in 0,5 L Glasflaschen abgefüllt werden, wobei diese zuvor mit Stickstoff geflutet wurden, um den Sauerstoff aus den Flaschen zu verdrängen. Dadurch konnte sichergestellt werden, dass es zu keiner unerwünschten Oxidation während der Lagerung kam.

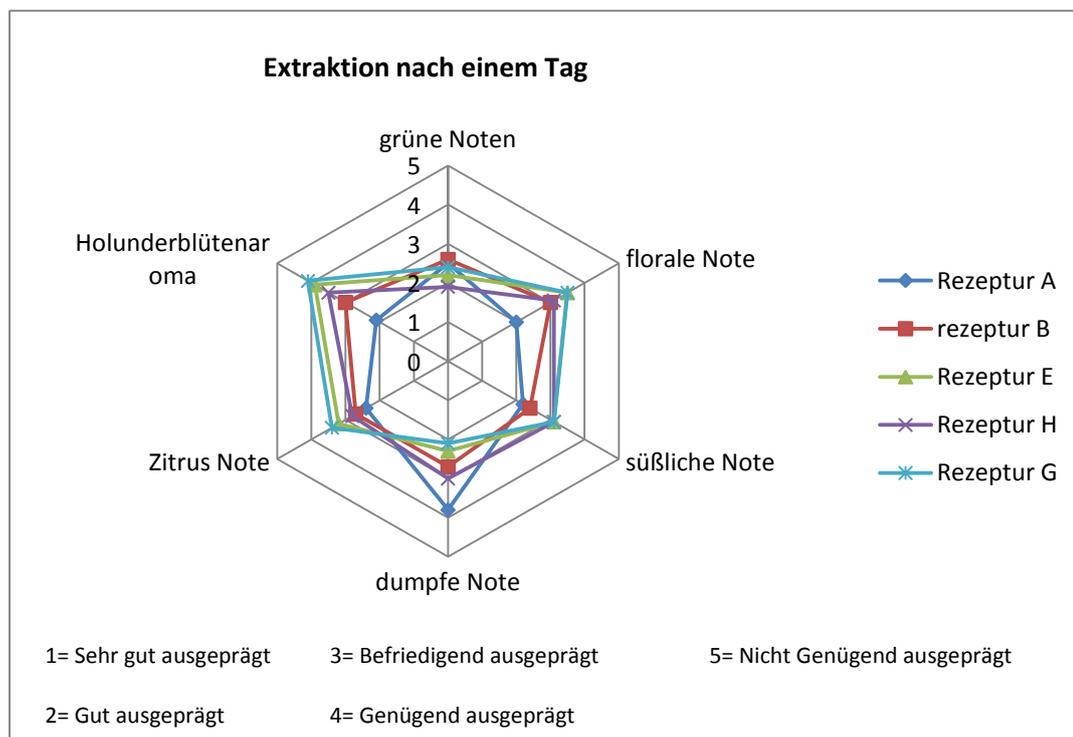
7.2 Profilprüfungen (quantitativ-deskriptive Prüfung) QDA[®]

Die Extrakte C, D und F wiesen einen derartig verfaulten und modrigen Geruch auf, die mit dem eigentlichen Produkt nicht mehr identifiziert werden konnten, und wurden somit von der Verkostung ausgeschlossen. Die übrigen fertig hergestellten Versuchsextrakte wurden mittels Profilprüfung (quantitativ-deskriptive Prüfung) im Hinblick auf das am besten ausgebildete Holunderaroma und die Intensitäten einzelner Attribute (grün, floral, süßlich, dumpf und zitrus) bewertet. Die Attribute wurden zuvor durch zwei einfach beschreibende Prüfungen festgelegt. Für die sensorischen Untersuchungen wurden die Extrakte allerdings in einem Verhältnis von 1:5 verdünnt, da sie als unverdünnter einfach zu süß waren.

Die Intensitätsbestimmung der einzelnen Attribute erfolgte nach einer 5-Punkte Skala (Notenschema: 1-Sehr gut 5 Nicht genügend), da es sich hierbei lediglich um einen Vorversuch handelte, bei dem geklärt werden sollte, bei welcher Rezeptur die Aromausprägung des Holunders am besten gewährleistet wird. Die Ergebnisse der Verkostungen wurden gemittelt und deren

Standardabweichung berechnet. Diese konnten danach in verschiedenen graphischen Abbildungen dargestellt werden.

Um zu erkennen ab welchem Zeitpunkt sich das Blütenaroma am besten einstellt und damit verbunden, welchen Einfluss die Extraktionsdauer auf die Ausbildung des Holunderaromas hat, wurden die Extrakte nach einem Tag und nach drei Tagen erneut verkostet.



**Abbildung 27: Spinnendiagramm von der Profilprüfung nach einem Extraktionstag
(Beurteilung nach Schulnoten 1: Sehr gut; 5 Nichtgenügend ausgeprägt)**

Bei der Extraktion nach einem Tag geht aus der oberen Abbildung 27 hervor, bei welcher Rezeptur das Holunderaroma gut und weniger gut ausgebildet wird. So kann man erkennen, dass bei der Rezeptur A die floralen und zitrusartigen Noten wesentlich stärker ausgeprägt sind als bei den anderen Rezepturen. Auch das Holunderblütenaroma spiegelt sich im Produkt, das mit dieser Rezeptur hergestellt wurde sehr gut wieder. Hingegen ist es bei den Produkten der übrigen Rezepturen nur minimal ausgeprägt. Obwohl bei der Rezeptur G im Vergleich zur Rezeptur H zirka die dreifache Menge an Zucker eingesetzt wurde, ist der Süßeindruck verhältnismäßig gering. Die unten stehende Abbildung 28 verdeutlicht noch einmal die gemittelten Intensitätseindrücke des Expertenpanels, wobei ersichtlich ist, dass die Abweichungen bei dem Attribut des Holunderblütenaromas geringer sind, als bei den übrigen Attributen. Demnach verstehen die PrüferInnen unter dem Begriff Holunder einigermaßen dasselbe, wohingegen es bei den anderen Attributen zu größeren Unstetigkeiten kommt.

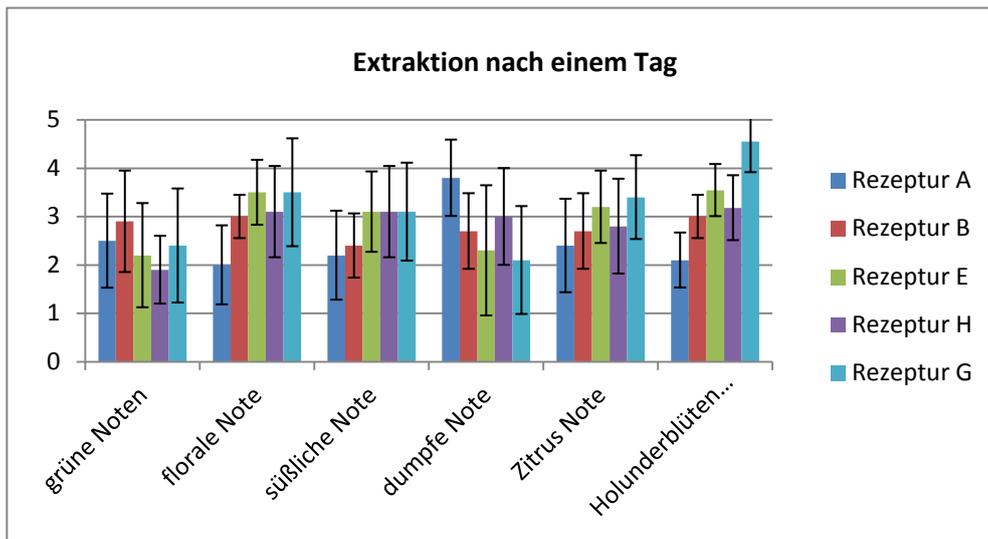


Abbildung 28: Balkendiagramm von der Profilprüfung nach einem Extraktionstag (Beurteilung nach Schulnoten 1: Sehr gut; 5 Nichtgenügend ausgeprägt)

Die unten angeführten Abbildungen veranschaulichen die Ergebnisse der sensorischen Untersuchung nach dreitägiger Extraktionsdauer.

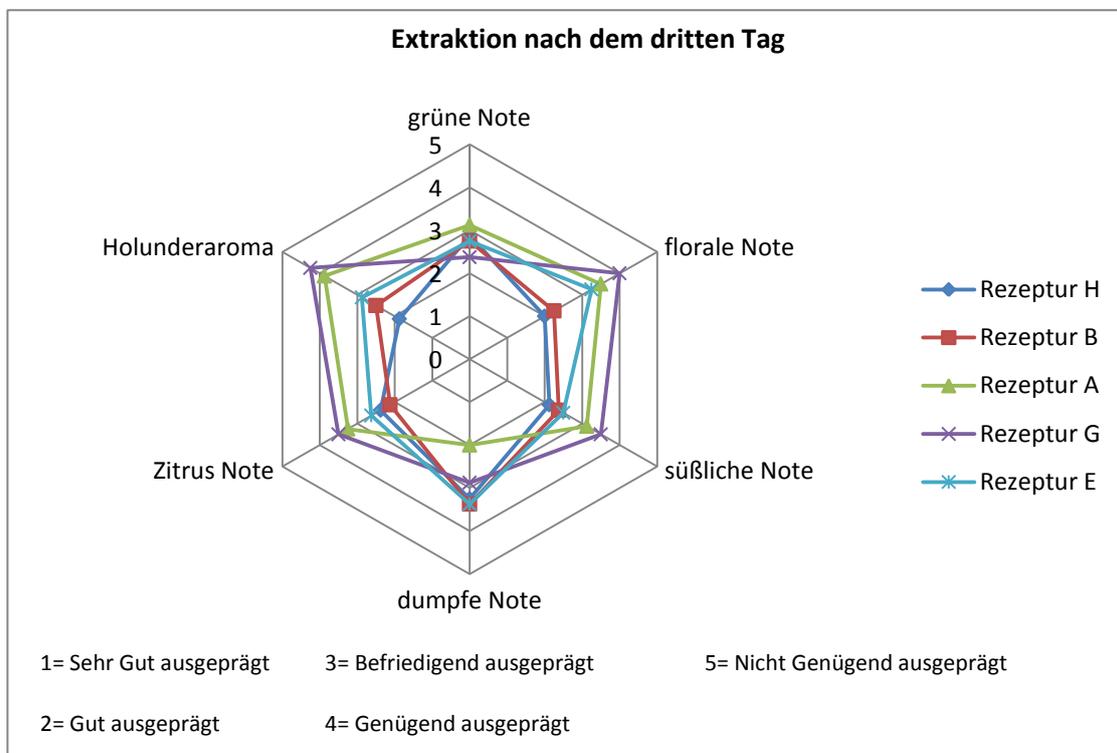


Abbildung 29: Spinnendiagramm von der Profilprüfung nach dem dritten Extraktionstag (Beurteilung nach Schulnoten 1: Sehr Gut; 5 Nicht Genügend ausgeprägt)

Wie man deutlich aus der Abbildung 29 erkennen kann, ist nach dem dritten Extraktionstag das Holunderblütenaroma am stärksten bei der Rezeptur H ausgebildet. Aber auch die floralen, grünen und süßlichen Noten sind am besten ausgeprägt. Bei der Rezeptur A, die nach einem Extraktionstag wesentlich besser abschnitt als nach drei Tagen, dürfte es vermutlich zu Abbaureaktionen, Umlagerungsreaktionen oder auch enzymatisch katalysierte Reaktionen gekommen sein, die einen Verlust der flüchtigen Verbindungen zur Folge hatten. Am allerschlechtesten schnitt jedoch die Rezeptur G ab.

Wie aus der unteren Abbildung 30 allerdings hervor geht, sind die Abweichungen innerhalb der Prüfgruppe größer, obwohl nicht geklärt werden kann weshalb das so ist.

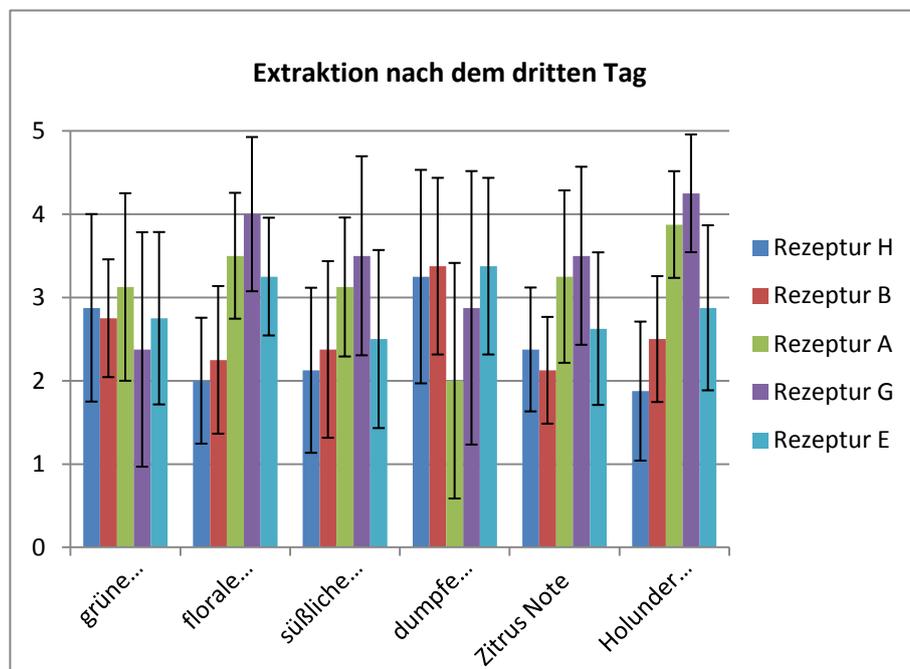


Abbildung 30: Balkendiagramm von der Profilprüfung nach dem dritten Extraktionstag (Beurteilung nach Schulnoten 1: Sehr gut; 5 Nichtgenügend ausgeprägt)

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die Prüfpersonen die verschiedenen Holunderblütenextrakte sehr wohl voneinander unterscheiden können. Weiters haben die Zusatzstoffe, Zucker und Zitronensäure, vor allem aber die eingesetzte Mengen, große Auswirkungen auf die Aromausprägung. Demnach wirkt eine zu große Zuckermenge auf die Ausbildung des Holunderaromas eher kontraproduktiv (Rezeptur G). Hingegen ist der Einsatz von Zitronensäure unbedingt erforderlich, da diese als Konservierungsmittel fungiert und somit die holundertypischen Aromen während der Extraktion auch beibehält. Und auch die Extraktionsdauer ist von entscheidender Bedeutung. So ist es demnach sinnvoll, bei einer Verwendung von wenigen

Blütenmengen die Extraktionsdauer auf drei Tage auszuweiten (wie bei der Rezeptur H), wohingegen man bei einer hohen Blütenmenge (im Fall von Rezeptur A) die Dauer der Extraktion auf einem Tag beschränken sollte. Außerdem kann durch Zusatz von Enzymen (Rezeptur B; Vegazym M) das Holunderaroma gut, über die Dauer von ein paar wenigen Tagen, stabilisiert werden.

Dadurch nun festgestellt wurde, welche Rezeptur demnach angemessene Ergebnisse liefert, musste nur noch die letzte aller offenen Fragen, welche Holundersorte das Blütenaroma in den Extrakten am optimalsten zu Geltung bringt, geklärt werden.

Da die floralen, grünen und zitrusartigen Noten sowie das charakteristische Holunderblütenaroma besser bei der Rezeptur H (Nicole) ausgeprägt waren, wurde beschlossen die Extrakte der sortenreinen Holunderblüten mittels dieser Rezeptur herzustellen.

Aus diesem Grund wurden aus den elf Ertragssorten und dem Wildholunder aus Feldbach Extrakte hergestellt, die ebenfalls mittels Stofftücher abfiltriert, in Glasflaschen abgefüllt und bis zur weiteren Verwendung tiefgefroren wurden. Die Abbildung 31 zeigt den Versuchsgarten aus dem die kultivierten Holunderblütensorten entnommen wurden.



Abbildung 31: Versuchsgarten in der Südoststeiermark

Diese Menge an Holunderblütenextrakten konnte allerdings nicht auf einmal verkostet werden. Aus diesem Grund erfolgte nach mehreren einfach beschreibenden Prüfungen, damit auch hier wieder passende Attribute ermittelt werden konnten, die deskriptiv-bewertende Beurteilung in zwei Sitzungen (2 Verkostungen in einer Woche) (Abb. 32). Wie bereits im oberen Abschnitt erwähnt wurde, wurden auch hier die Extrakte im Verhältnis 1:5 verdünnt.

Damit die Ergebnisse statistisch abgesichert werden konnten, musste die Profilprüfung mehrmals (mindestens 2 Mal) wiederholt werden.



Abbildung 32: Darstellung der Quantitativ-deskriptiven-Beurteilung

Bei diesen Untersuchungen erfolgte die Bestimmung der Intensitäten der einzelnen Attribute durch eine Markierung auf einer 10 cm Skala, die auch als Nominalskala bezeichnet wird, wobei der Nullpunkt als nicht wahrnehmbar und der Punkt bei 10 cm als stark ausgeprägt definiert wurde. Aus den gemittelten Werten und deren Standardabweichungen wurden dann graphische Abbildungen erstellt. Die unten abgebildete Graphik stellt die erste Profilprüfung aller sortenreinen Holunderextrakten dar.

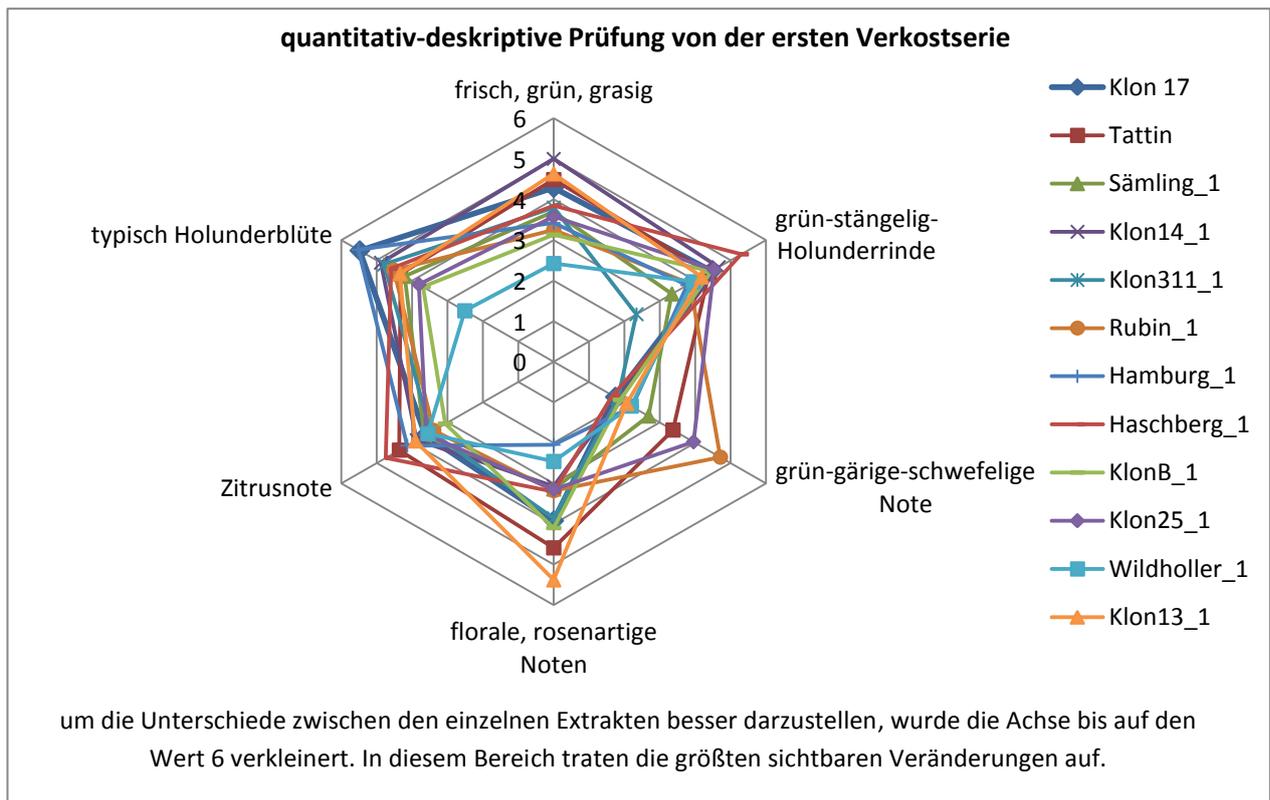


Abbildung 33: Spinnendiagramm von der ersten Profilprüfung aller Holunderextrakte (0.. nicht wahrnehmbar..10..stark ausgeprägt)

Aus dieser Abbildung 33 geht hervor, dass sich die einzelnen Holunderblütenextrakte doch deutlich unterscheiden, obwohl sich zahlreiche Extrakte sehr ähnlich sind. Vor allem bei dem Attribut typisch Holunderblüte weisen einige Extrakte, wie Klon 13, Klon B, Haschberg, Rubin, Sämling und Klon 311 starke Ähnlichkeiten zu einander auf, wohingegen der Wildholunder eindeutig abweicht. Bei den floralen, rosigen Noten treten jedoch die größten sichtbaren Unterschiede auf.

Um die Reproduzierbarkeit zu überprüfen, erfolgte in einer weiteren Verkostung eine Wiederholbestimmung der quantitativ-deskriptive Methoden, die in Abb. 34 dargestellt wird.

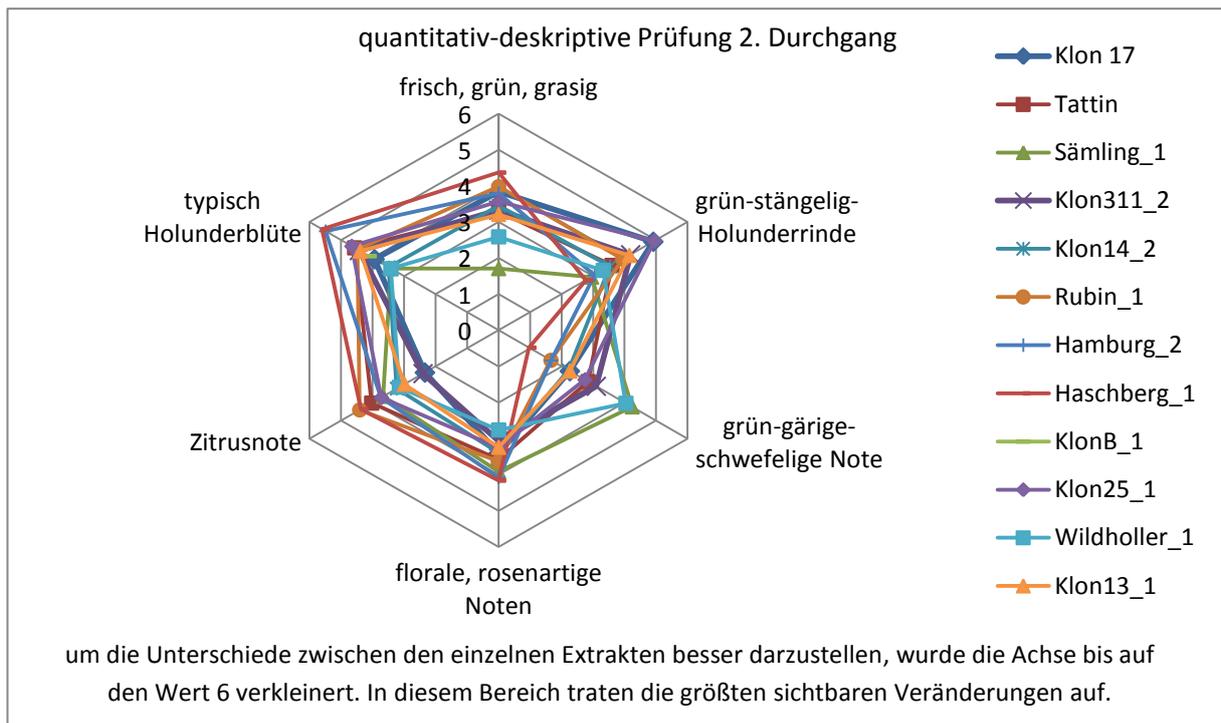


Abbildung 34: Spinnendiagramm von der zweiten Profilprüfung aller Holunderextrakte (0.. nicht wahrnehmbar..10..stark ausgeprägt)

Leider muss festgestellt werden, dass es hier große Abweichungen zu der vorherigen Verkostung gibt. So variieren die Beurteilungen der Attribute sehr stark zwischen den einzelnen Holunderextrakten. Die beiden unten stehenden Balkendiagramme (Abb. 35 und 36) zeigen sehr deutlich die Schwankungen innerhalb der Prüfgruppe zwischen den beiden Verkostungen.

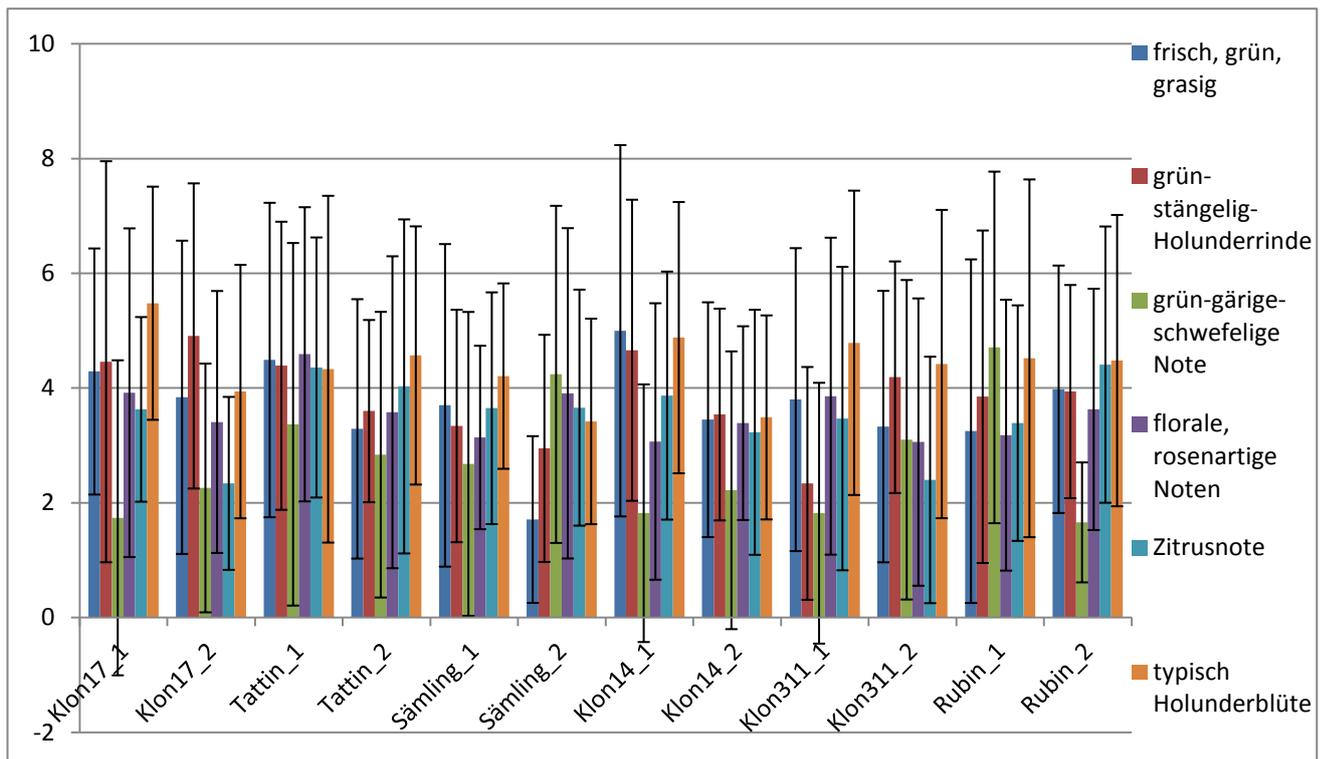


Abbildung 35: Balkendiagramm graphische Darstellung beider Wiederholungen (Klon 17, Tattin, Sämling, Klon 14, Klon 311, Rubin)

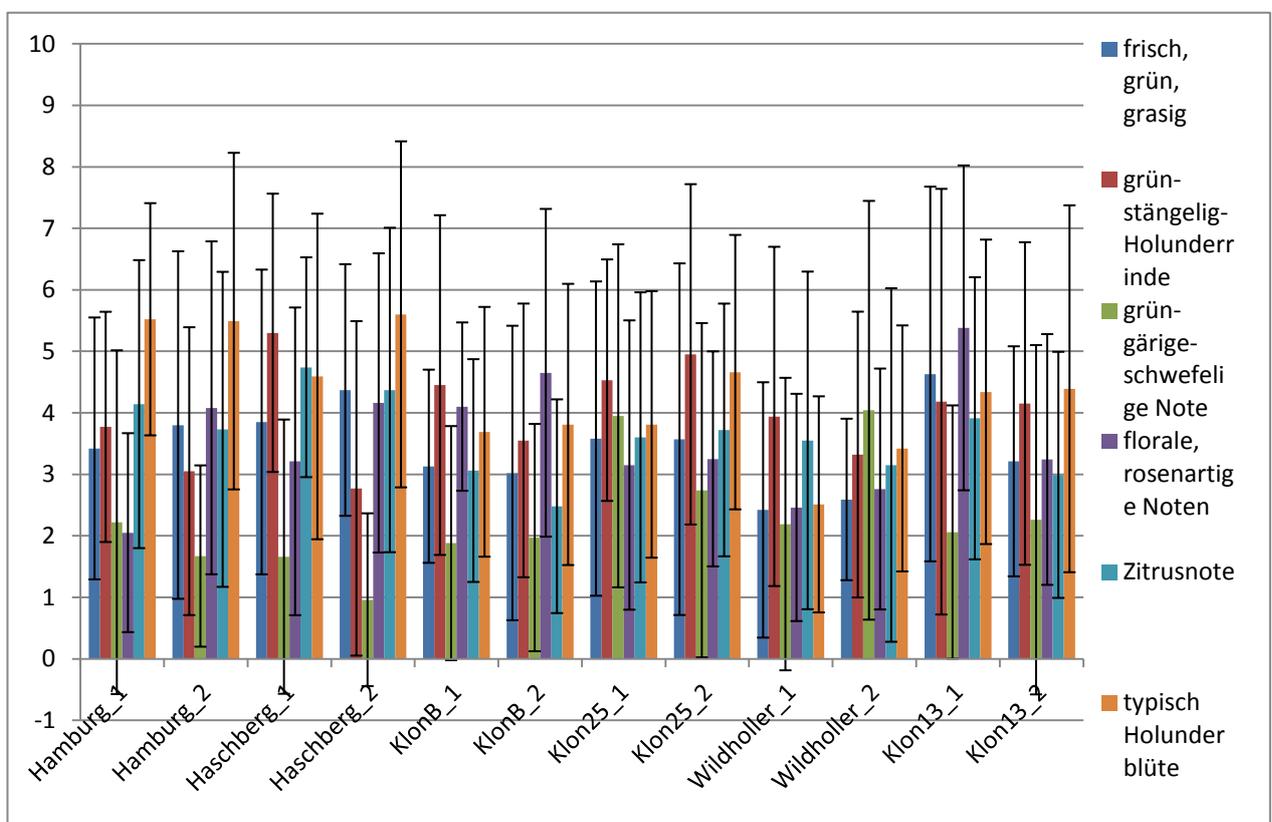


Abbildung 36: Balkendiagramm graphische Darstellung beider Wiederholungen (Hamburg, Haschberg, KlonB, Klon25, Wildholler, Klon13)

Die Daten wurden auch noch mittels eines statistischen Auswerteprogramms, PanelCheck⁷¹ ausgewertet und die Ergebnisse miteinander verglichen. So wurde mit Hilfe dieses Programm eine Hauptkomponentenanalysen (Abb. 37) erstellt, bei der eine Korrelation zwischen den einzelnen Holunderextrakten mit den Attributen dargestellt werden konnte, die statistisch sogar abgesichert ist. Demnach sind die Attribute frisch, grün, grasig sowie die Zitrusnote für die Bildung des charakteristischen Holunderaromas von bedeutender Rolle. Außerdem konnte mittels dieser Hauptkomponentenanalyse festgestellt werden, dass im Rahmen dieser Verkostungen die Prüfpersonen das typische Holunderblütenaroma mit der Sorte Hamburg und Haschberg korrelieren.

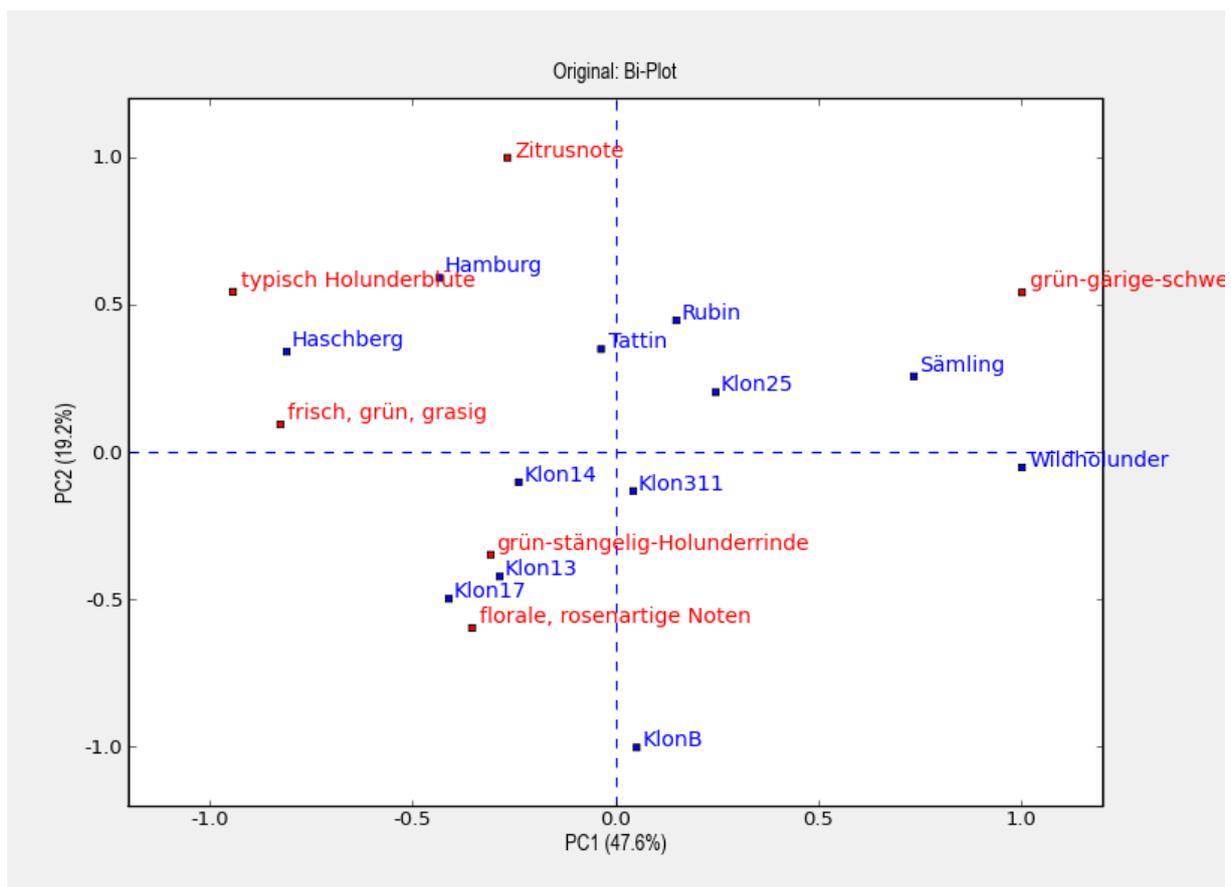


Abbildung 37: multivariate Datenauswertung der Extrakte

Obwohl es bei den sensorischen Untersuchungen der Holunderblütenextrakte mittels quantitativ-deskriptiven-Prüfungen zu deutlichen Schwankungen kam, gibt es Übereinstimmungen mit den statistisch abgesicherten Ergebnissen des Statistikprogrammes. So werden die Extrakte Hamburg und Haschberg nicht nur mittels PanelChek, sondern auch durch die Ergebnisse der quantitativ-deskriptiven Prüfung, mit dem charakteristischen Holunderblütenaroma in Zusammenhang gebracht.

⁷¹ Diese Software kann man sich kostenlos unter der URL: <http://www.panelcheck.com/Home> downloaden und liefert alle möglichen statistischen Informationen [14.04.2012] Dieses Programm beruht auf dem Buch: Statistics for sensory and consumer sciences; Naes T., Brockhoff P., Tomic O., Wiley-Verlag

7.3 Projective Mapping

Eine weitere Methode die für die sensorische Untersuchung der Holunderblütenextrakte angewandt wurde, war Projective Mapping, die bereits im Kapitel 4 ausführlich besprochen wurde. Dabei wurden die verschiedene Holunderblütenextrakte (1:5 verdünnt) auf einen Blatt Papier (DIN A2) nach ihren Ähnlichkeiten angeordnet. Je ähnlicher die Säfte zueinander sind, desto näher sollen sie auf dem Bogen beieinander stehen - je größer die Unterschiede sind, umso weiter sollten sie auf dem Papier voneinander entfernt sein. Diese Methode wird ursprünglich bei Konsumententests eingesetzt, da diese aber von zunehmender Bedeutung ist, wurde sie auch im Rahmen dieser Arbeit ausprobiert. Um ein Gespür für diese Methode zu entwickeln, erfolgten auch hier zu Beginn spezifische Schulungen, die bei Konsumenten jedoch nicht durchgeführt werden. Dabei mussten die PrüferInnen zum einen verschiedenen geometrische Figuren (Würfel, Dreieck, quadratische Pyramide, Zylinder, Kegel, und andere) und zum anderen unterschiedliche Säfte (Ananas-, Apfel-, Birnen-, Maracuja-, Orangensaft- und Multivitaminsaft) nach ihren Ähnlichkeiten anordnen. Erst danach wurde die eigentliche sensorische Untersuchung mit den Holunderextrakten durchgeführt. Die Abbildung 38 zeigt die Durchführung der Projective Mapping Methode in Kostkojen.



Abbildung 38 Durchführung Projective Mapping

Nachdem die Prüfpersonen ihre Gläser nach ihren persönlichen Empfinden nach den Ähnlichkeiten geordnet hatten, wurden die Stellen markiert(Abb. 39), an denen die Gläser standen, damit die x- und y-Koordinaten der Punkte (Mittelpunkt des Kreises) ermittelt werden konnten.

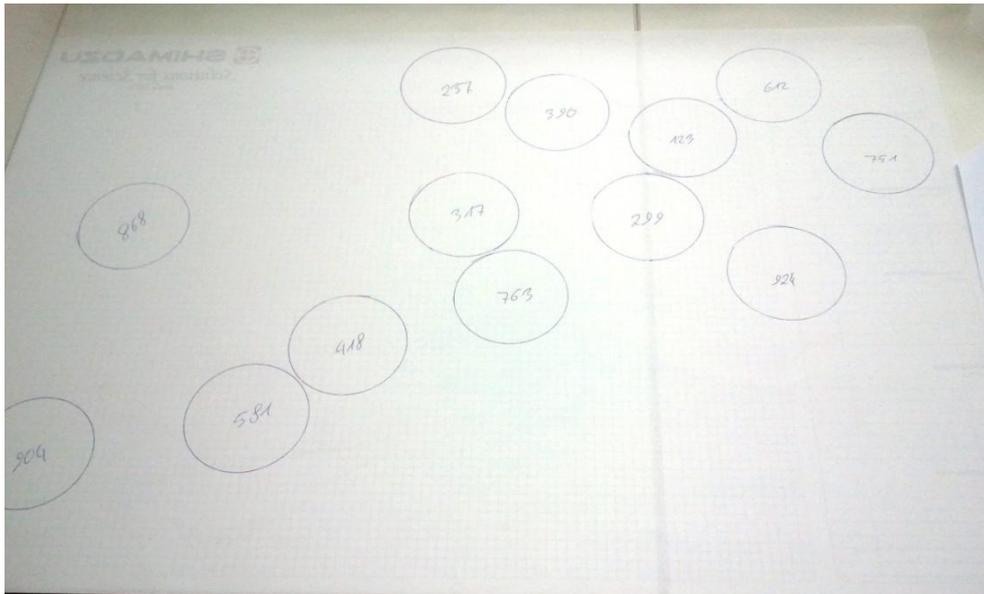


Abbildung 39: Darstellung der Gläser bei der Projective Mapping-Methode

Die bekannten x- und y-Koordinaten der einzelnen Holunderextraktproben, konnte in ein Statistik Softwareprogramm (R) integriert werden, die anschließend eine MFA „multiple factor analysis“ (Analyse in mehreren Dimensionen) durchführt, wodurch ein großes Datenset an Informationen graphisch dargestellt wird. Diese Methode besitzt Ähnlichkeiten zu einer PCA.⁷²

Durch diese schnelle und äußerst effiziente Methode konnte gezeigt werden, dass es einen Zusammenhang zwischen einigen Holunderblütenextrakte und der Ausbildung des charakteristischen Holunderblütenaromas gibt. So wurden die Extrakte des Klons 14 und 25 als besonders holunderlastig beschrieben, wohingegen die Sorten Sämling und Haschberg den grünen Noten zugeordnet wurden. Auch bei zwei weiteren Wiederholungen, konnte das gleiche Ergebnis erzielt werden, wodurch sich diese Methode als besonders reproduzierbar heraus stellte.

Die unten dargestellte Abbildung 40 veranschaulicht eine MFA, wobei hervorgeht, dass die Prüfer die Extrakte Klon 25 und Klon 14 mit dem typischen Holundereindruck korrelieren. Die Sorte Hamburg bildet strohige und staubige Noten aus, wohingegen bei der Sorte Haschberg grüne und stängelige Noten ausgeprägt sind. Der nebenstehende „Correlation circle“ zeigt die räumliche Aufteilung der einzelnen Attribute sowie die Gruppierung der Extrakte der einzelnen Prüfer. Demnach haben die Prüfer oder Prüferin mit der Nummer 10, die Proben verstärkt nach den grünen, stängeligen Noten gereiht, wohingegen der oder die Prüferin der Nummer 5 die Extrakte nach den floralen Eindrücken geordnet hat.

⁷² Principal Component Analysis: Hauptkomponentenanalyse. Ist im Grunde eine multivariate Datenauswertung.

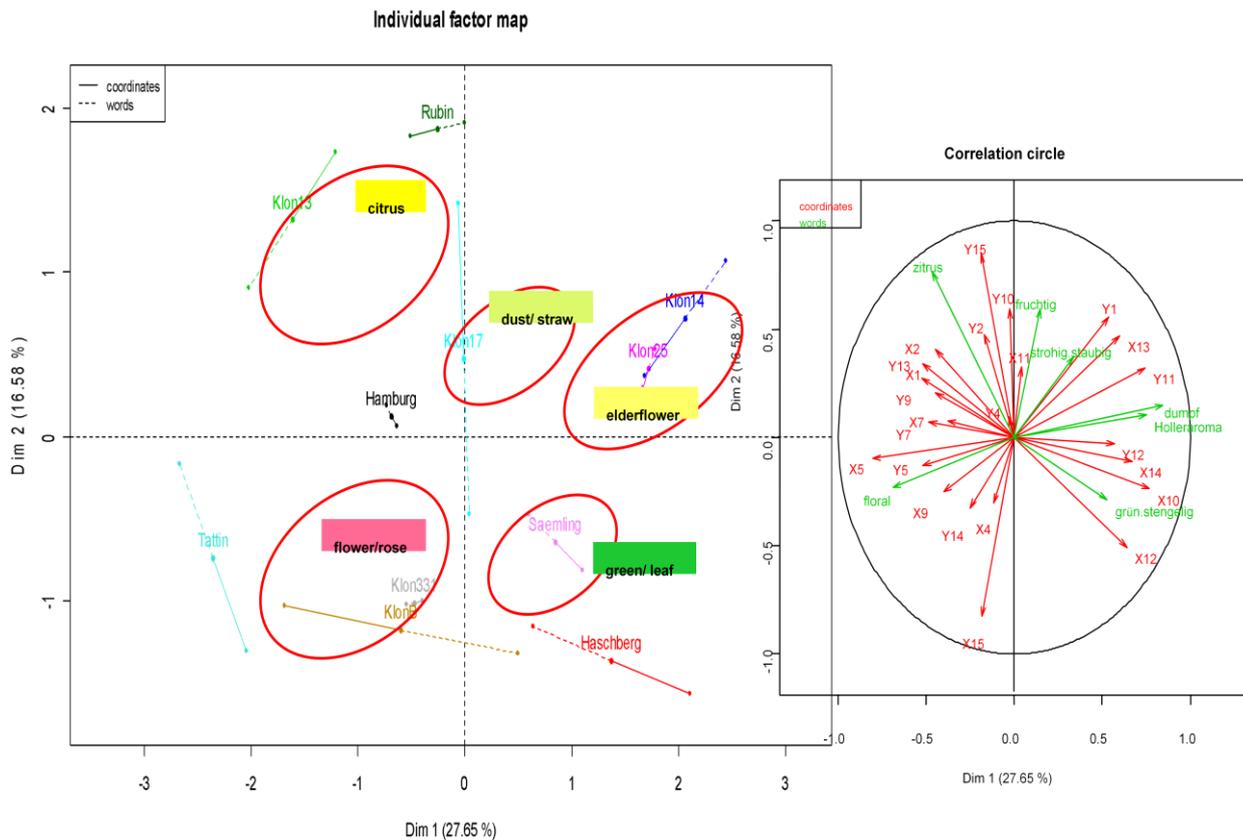


Abbildung 40: MFA Holunderblütenextrakte

7.4 Zusammenfassung

Im Zuge dieser Arbeit konnten zahlreiche sensorische Untersuchungen durchgeführt werden. Es stellte sich heraus, dass obwohl die Unterschiede zwischen den sortenreinen Extrakten sehr gering sind, für die Prüfer jedoch geruchlich wahrnehmbar und differenzierbar sind. Allerdings ist es nicht möglich die Intensitäten der einzelnen Attribute in den unterschiedlichen Holunderextrakten signifikant zu beurteilen, da die Abweichungen innerhalb der Prüfgruppe zu groß sind. Der Einsatz durch eine schnellere und sehr effiziente Methode, Projective Mapping, kann in diesem Fall Abhilfe schaffen. Allerdings stimmen die Ergebnisse der Projective Mapping Methode mit denen der QDA® nicht eindeutig überein. So wird im Fall der QDA® die Holundersorte Hamburg am ehesten mit dem Holunderaroma in Verbindung gebracht, die mit dem Ergebnis des PanelCheck noch einmal verdeutlicht wird. Aber auch die Horte Haschberg wird mit dem Holleraroma korreliert, obwohl diese verstärkt grüne Noten aufweist. Bei der Projective-Mapping Methode werden allerdings die Extrakte Klon 14 und Klon 25 mit dem charakteristischen Aroma in Zusammenhang gebracht. Jedoch gibt es Übereinstimmungen bei den Sorten Klon B, Sämling, Haschberg und Klon 17.

Um zu erkennen welche flüchtigen Verbindungen als Schlüsselverbindungen für die Ausbildung des charakteristischen Holunderaromas fungieren, müssen sensorische Ergebnisse mit den Ergebnissen der Aromastoffanalytik korreliert werden.

8 Aromastoffanalytik- Auswertung und Diskussion

8.1 Blüten

Im Mittelpunkt dieser Arbeit stand das Holunderblütenaroma, das mit seinem frischen, intensiven Blütenduft an florale, zitrusartige und fruchtige Noten erinnern lässt. Da das Blütenaroma für die Herstellung von Lebensmittelprodukten von steigendem Interesse ist, galt es der Aromenzusammensetzung auf die Schliche zu kommen. So sollte im Zuge dieser Arbeit geklärt werden, ob es eventuell Unterschiede zwischen den einzelnen kultivierten Holundersorten und den Wildsorten gibt, und ob der Standort eine wesentliche Rolle für die Aromausprägung spielt. Weiters musste geklärt werden, inwiefern sich das Rebeln der Blüten auf das Blütenaroma auswirkt, aus diesem Anlass wurden gerebelte und ungerebelte Blüten mittels HS-SPME-GC-MS gemessen und die Aromaprofile miteinander verglichen. Da bekannterweise die Lagerfähigkeit der Blüten stark beschränkt ist, wurde in einem weiteren Versuch untersucht, welche Auswirkungen verschiedenen Lagerungsmethoden auf das Aromaprofil haben.

Da die GC-MS Analyse eine unüberschaubare Datenanzahl ergab, wurde in weiterer Folge auch eine Hauptkomponentenanalyse durchgeführt, um die Werte bildlich in einem zweidimensionalen Raum darstellen zu können.

8.1.1 HS-SPME-GC-MS

Da in Stadt die Blütenreife zirka 2 Wochen früher einsetzte als in der übrigen Steiermark, konnten zahlreiche Vorversuche mit den Grazer Wildholundersorten gestartet werden.

So kam zu Beginn der Messungen die Frage auf, inwiefern sich das Rebeln der Blüten auf das Blütenaroma auswirkt, woraufhin 100 mg gerebelte und ungerebelte Hollerblüten (mit 5 mm Stängel) vermessen wurden. Um gleich vorweg zu nehmen, es macht keinen signifikanten Unterschied ob die Blüten gerebelt oder mit einem winzig kleinen (5mm) Stängel analysiert werden. Wenn man jedoch mehr Stängel an den Blütendolden dranlässt, so macht sich das deutlich, durch Zunahme von grün-stängeligen Noten bemerkbar.

Ein weiterer wichtiger Punkt war die Frage der Lagerung, da die Holunderblüten bekanntlicherweise nicht allzulange lagerfähig sind.

Welche Auswirkungen das Tiefrieren und Trocknen auf das Aromaprofil haben kann aus dem untenangeführten Chromatogrammen (Abbildungen 41 und 42), Vergleich von gekühlter, getrockneter und tiefgefrorener Blüten) gezeigt werden.

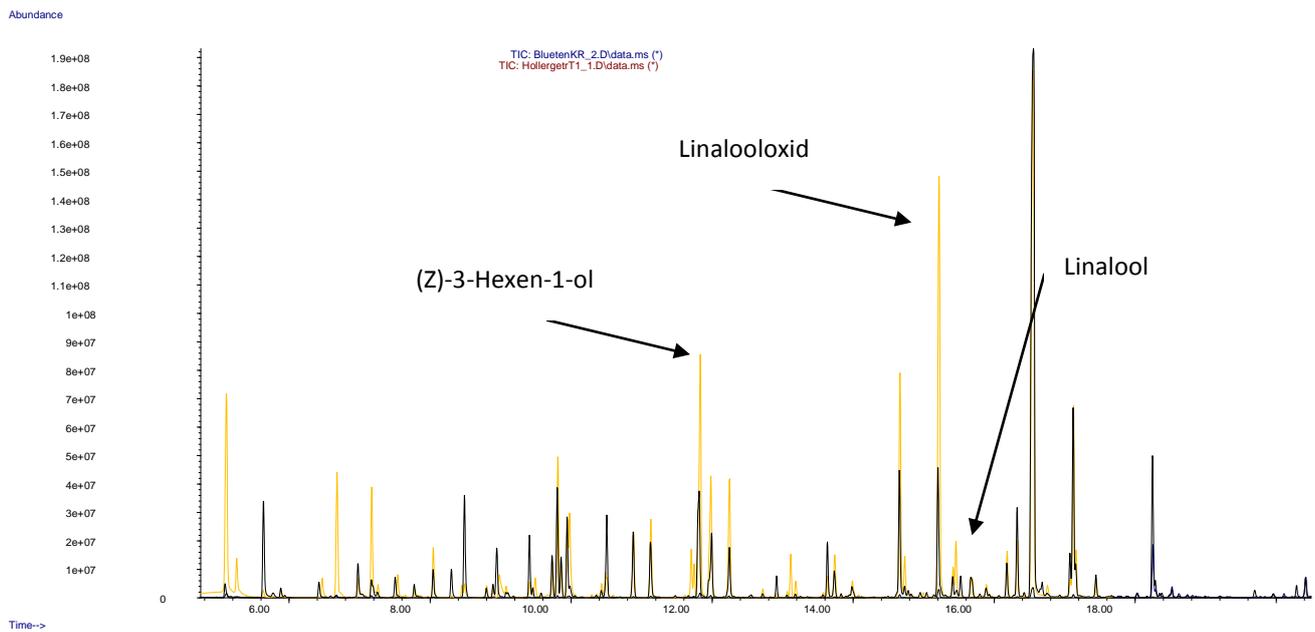


Abbildung 41: Überlagerung vom Aromaprofil einer getrockneten und einer gekühlten Probe (schwarz: getrocknet, gelb: 5 Tage im Kühlraum bei 6°C ± 2°C)

Durch das Trocknen kommt es hauptsächlich zu einem deutlichen Verlust der Terpenverbindungen und Alkohole, was mit einer Abnahme der floralen und frischen Noten nebenher geht.

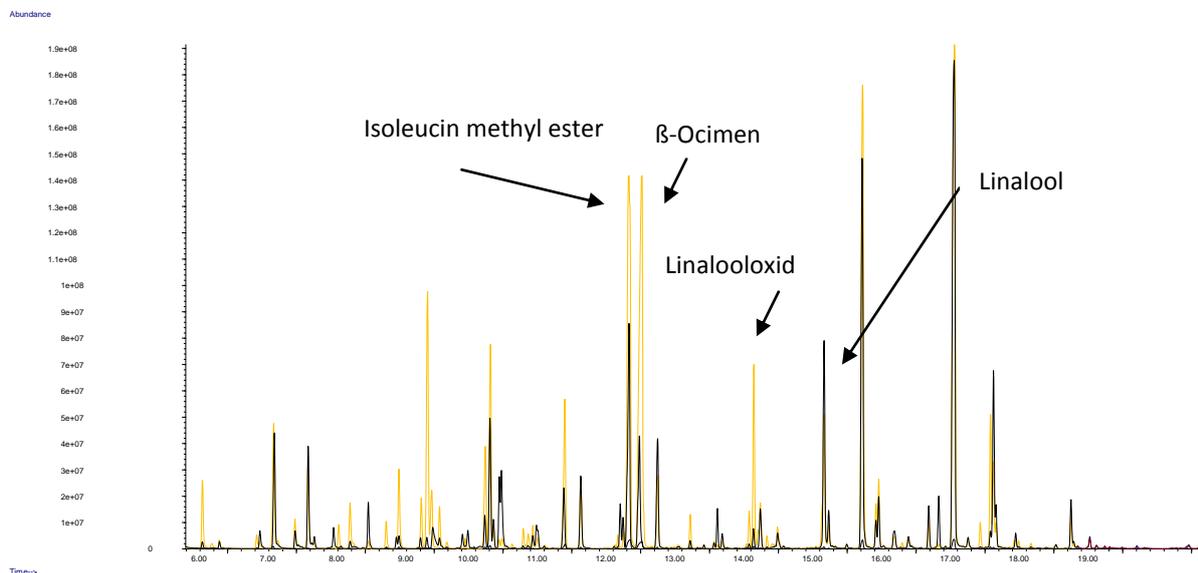


Abbildung 42: Überlagerung vom Aromaprofil einer tiefgefrorenen und einer gekühlten Holunderblütenprobe (schwarz: gekühlt, gelb: tiefgefroren)

Frische Blüten müssen, wenn sie im Kühlraum gelagert werden, innerhalb kürzester Zeit gemessen und verarbeitet werden, da auch diese Lagerungsform zeitlich limitiert ist. Bereits nach wenigen Tagen finden Abbaureaktionen statt und es kommt zu einer geruchlich wahrnehmbaren Änderung des Blütenaromas.

Aus dem Chromatogrammen der Abbildung 19 geht hervor, dass durch das Tieffrieren der Blüten das Holunderaroma zwar konserviert wird, aber sobald die Blüten wieder auftauen zu beginnen, finden Bräunungsreaktionen statt und die Pflanzenzellen platzen wodurch die ursprünglichen Aromastoffe der frischen Blüte verloren gehen.

Da die Blüten auf Dauer nicht lange lagerfähig sind, wurde beschlossen, herkömmliche Extrakte herzustellen (siehe Kapitel 7).

Da die Holunderblüten im Stadtgebiet, auf Grund der stetig zunehmenden Temperaturen, sehr stark von Läusen befallen sind, könnte es möglicherweise sein, dass diese auch Auswirkungen auf die Aromastoffausbildung haben. Allerdings konnte diese Frage aus Gründen des Zeitmangels nicht geklärt werden.

Als dann Mitte Mai die Blüte in dem Versuchsgarten einsetzte, konnte mit der eigentlichen Arbeit begonnen werden.

Folgende Verbindungen, konnten durch die Analyse von 11 unterschiedliche Holundersorten (Tabelle 10) aus dem Erwerbsanbau und zusätzlich einer Wildsorte, aus dem Raum Feldbach, mittels Headspace-Solid-Phase-Microextraction-Gaschromatographie-Massenspektroskopie gemessen und durch die Spektreninterpretation bestimmt werden (Tabelle 11). Die Proben stammen aus der Arbeitsgruppe Holunder der Landwirtschaftskammer Steiermark. Insgesamt wurde eine 4-fach Bestimmung durchgeführt, wobei die Proben während des Messens im Tray gekühlt wurden.

Holundersorte
Sämling
Klon 17
Hamburg
Klon 14
Tattin
Rubin
Haschberg
Klon B
Klon 311
Klon 25
Klon 13
Wildholunder aus Feldbach

Tabelle 10: Holundersorten aus Südoststeiermark

Bei den Sorten Rubin und Haschberg handelt es sich um die am häufigsten angebauten Sorten im steirischen Erwerbsanbau (Abbildung 43). Den mengenmäßig größten Anteil bilden aber die Wildformen, die aber angesichts ihres Erscheinungsbildes nicht zu unterscheiden und daher auch keiner der oben genannten Sorte zuzuordnen sind. Aus diesem Grund wurden Zusätzlich auch

unterschiedliche Wildholundersorten gesammelt und deren Aromaprofile bestimmt. Die Proben stammten aus verschiedenen Gebieten aus dem Raum, Graz, Preg (bei Leoben), Semriach und Übelbach.



Abbildung 43: kultivierter Holunderanbau in der Südoststeiermark

Die unten angeführte Tabelle zeigt alle Verbindungen, die durch Spektreninterpretation zugeordnet werden konnte.

Verbindungen
(E)-2-Methyl-2-butenal
(E)-3-Hexen-1-ol
(E)- β -Ocimen
(E)- α -Ocimen
(E,E)-2,4-Hexadienal
(E,E)-2,6-Dimethyl-1,3,5,7-octatetraen
(E,E)- α -Farnesen
(Z-) 2-Penten-1-ol
(Z)- β -Ocimen
(Z)-3-hexen-1-ol
(Z)-3-Hexenyl tiglat
(Z)-3-Hexenyl-2-methylbutanoat
(Z)-Jasmon
1,5,8-p-Menthatrien
1-Butanol
1-Heptanol
1-Hexanol
1-Pentanol

2,2,6-Trimethyl-6-vinyltetrahydrofuran
2-Methyl-1-butanol
2-Methyl-2-butanol
3-Hydroxy-2,2,6-trimethyl-6-vinyltetrahydrofuran
3-Methyl-1-butanol
4-Methoxybenzaldehyde (Anisaldehyde)
4-Methoxybenzyl alcohol (Anis alcohol)
4-Methyl-1,3-pentadiene
4-Methyl-2-Pentanone
4-Methyl-3-Pentanone
6-Methyl-5-hepten-2-one
Allocimene
Allyl tiglate
Benzaldehyde
D-Germacrene
Dihydro-2(3H)-Furanone
D-Limonene
E-Citral
Epoxylinolone
Ethylbenzyl alcohol
Geraniol
Hotrienol
I-Limonene
L-Valine methyl ester
Linalool
Linalool oxide
L-Isoleucine methyl ester
L-Leucine methyl ester
Methoxybenzene (Anisole)
Methoxyphenyl-oxime
Methyl anisole
Methyl isovalerate
Methyl nerolate
Methyl salicylate
Methyl tiglate
Methyl-2-methylbutanoate
Methyl-3-methyl-2-oxopentanoate
Neo-Alloocimene
Nerol
p-Cymene
Rosenoxide
β-Caryophyllene
β-Citronellol
β-Myrcene

Tetradecan
γ-Terpinen
Z-Citral
α-Caryophyllen
α-Copaen
α-Cubeben
α-Phellandren
α-Ylangen
γ-Terpinen
δ-3-Caren (α-Terpinen)
δ-Cadinen

Tabelle 11: Auflistung aller gefundenen Verbindungen in den Holunderblüten

Bei denen in der Tabelle 11 erwähnten Verbindungen, handelt es sich nicht nur um flüchtige Substanzen, die als Aromastoffe fungieren. Darunter sind genauso Verbindungen, wie die Aminosäureester, zu finden, die keinerlei Auswirkungen auf die Aromausprägung des Holunderaromas haben. Trotzdem ist der Großteil dieser Verbindungen geruchsaktiv, wobei vermutlich nur wenige Aromastoffe, aromarelevante Verbindungen im Holunder darstellen. Anhang IV, sind die Geruchsbeschreibungen und Schwellenwerte der einzelnen Substanzen, aus der Tabelle 11, angeführt.

Das unten abgebildete Chromatogramm (Abb. 44) erhält die Aromaprofile aller 12 Holunderblütensorten, die in der Tabelle 11 zu finden sind. Allerdings ist die Abbildung auf Grund der großen Datenmenge sehr unübersichtlich. Deshalb sind die Chromatogramme der einzelnen Holunderblütensorten im Anhang III angeführt.

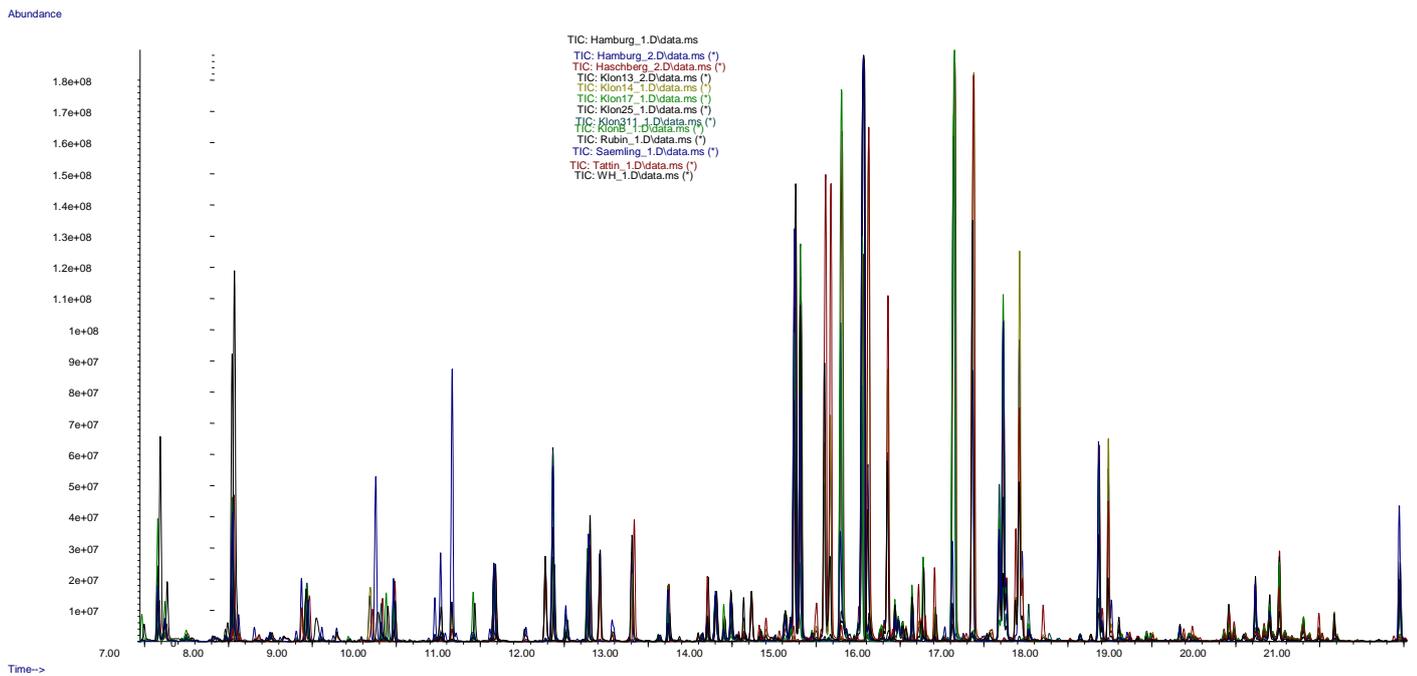


Abbildung 44: überlagerte Chromatogramm aller Holunderblütensorten

Aus den Auswertungen der Holunderblüten konnte hervorgehen, dass sich die Aromaprofile im Großen und Ganzen, mit Ausnahme des Wildholunders (Abbildung 45), nicht drastisch unterscheiden. Vor allem bei den Verbindungen der Terpene deutliche Unterschiede erkennbar.

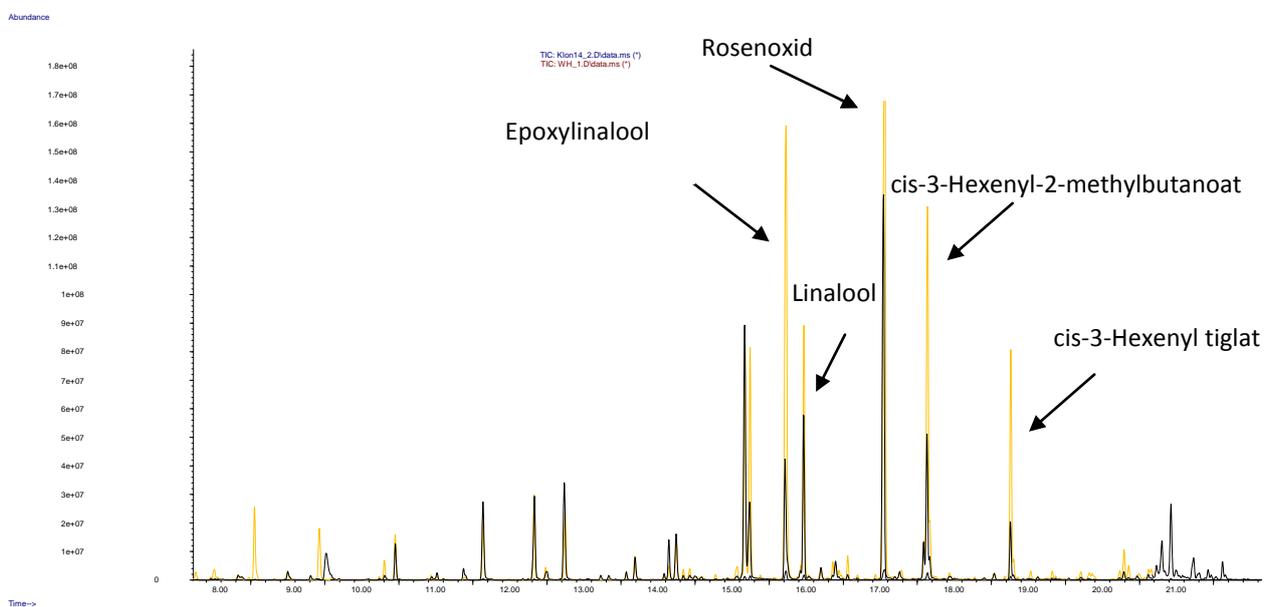


Abbildung 45: Vergleich der Sorte Klon 14 und des Wildholunders aus Feldbach.

Die Tabelle 12 zeigt die Unterschiede in den einzelnen Flächen der Verbindungen. Allerdings konnte, im Zuge dieser Arbeit keine quantitative Bestimmung der vorliegenden Substanzen erfolgen.

Verbindungen	Sämling	Klon 17	Hamburg	Klon 14	Tattin	Rubin
4-Methyl-1,3-pentadien	13798741	15536544	7288834	3662865	3532096	11041356
1-Butanol	390317	390317	173130	550886	173851	119379
3-Methyl-1-butanol	17605977	238936	2915633	315147	243006	119920
2-Methyl-1-butanol	1810057	674829	3700669	1126738	354102	215873
(E)-2-Methyl-2-butenal	6104913	1748248	1184855	3615384	1164640	1091086
(Z)-3-hexen-1-ol	19632833	16959877	11512451	5099903	6297067	10962215
1-Hexanol	4467645	3056678	2226719	1131555	762691	1183108
Dihydro-2(3H)-Furanon	330407	340531	292124	278281	250037	239819
L- Valin methylester	5067098	5313915	2184583	2633140	6276551	1817954
Benzaldehyd	1949903	738535	3968146	1935521	968224	2364021
6-Methyl-5-hepten-2-on	1096510	374117	815823	996226	1597218	1248009
β-Myrcen	4400356	767265	3424218	1490476	2983032	5149898
L-Isoleucine methyl ester	51337524	29665487	27491114	20747236	61757369	26225714
Linalooloxid	1451243	1455607	2319501	1330452	1480340	2008901
Linalool	97107906	18362632	78322832	29421397	38346318	105805944
Rosenoxid	843902	246456	1048073	121444	229101	413860
Neo-Alloocimen	2173124	246941	3899057	1943495	5631843	3632571
Allocimen	2514350	376797	4737981	2508104	7135276	4062553
β-Citronellol	10967488	1876119	4624806	4065752	10902535	10247339
(Z)-3-Hexenyl-2-methylbulanoat	36250024	40073764	35337879	46848775	23425836	14619631
(Z)-3-Hexenyl tiglat	19961880	17532134	19539435	20221513	13563919	10091893
Allyl tiglat	1690946	2072581	1646420	1578454	1132416	1260562
α-Cubeben	274647	644306	483206	978924	787576	455312
β-Caryophyllen	362827	534739	477824	2068229	3088885	392812
D-Germacren	274840	1012744	639927	1587237	1349145	605230
(E,E)-α-Farnesen	3349732	4134498	2534112	5010039	3071259	3195136
δ-Cadinen	844552	2412089	1492352	3434659	2442680	1522312

Tabelle 12_1: Verbindungen und Flächen der einzelnen Sorten Teil 1

Aus den Tabellen 12_1 und 12_2 gehen jene 27 Verbindungen und deren Flächen hervor, die in allen Holundersorten gefunden wurden, wobei nicht alle darunter geruchsaktiv sind.

Verbindungen	Haschberg	Klon B	Klon 311	Klon 25	Klon 13
4-Methyl-1,3-pentadien	7343186	8606548	14545699	44169470	22656699
1-Butanol	115310	141696	359363	255148	277078
3-Methyl-1-butanol	196874	243726	366610	225210	311806
2-Methyl-1-butanol	2610754	771437	3651961	1078966	880630
(E)-2-Methyl-2-butenal	4355807	3158207	4721841	3956044	4369857
(Z)-3-hexen-1-ol	3126012	8327806	19002117	8433525	17565552
1-Hexanol	706892	1460245	2625209	1804480	1922117
Dihydro-2(3H)-Furanon	230403	193694	237259	206133	208117
L- Valin methylester	6085193	4686523	1773511	3047203	2839041

Benzaldehyd	259745	2036451	141729	6371667	2790556
6-Methyl-5-hepten-2-on	2273965	3523511	899289	2318412	515611
β-Myrcen	2594469	3298327	1473749	4473627	4888699
L-Isoleucine methyl ester	40990927	34436927	207743	63541525	47168356
Linalooloxid	3791010	1668686	1760410	546561	1334238
Linalool	44771236	46987173	27193007	95241518	102519450
Rosenoxid	117945	194172	226614	1330427	447548
Neo-Alloocimen	1964140	4004802	645230	2890783	4254880
Allocimen	2414962	5097787	698010	3763202	5478308
β-Citronellol	10555986	12529288	15615294	11248185	6931470
(Z)-3-Hexenyl-2-methylbutanoat	21898268	32337029	5166506	6674966	35242688
(Z)-3-Hexenyl tiglat	20154339	16116747	4002037	2847494	19305587
Allyl tiglat	2613489	913938	323315	486584	1987552
α-Cubeben	999834	1043838	737924	928211	712132
β-Caryophyllen	3096689	2224286	762493	4084572	623069
D-Germacren	1923757	1674797	1127281	1601720	977967
(E,E)-α-Farnesen	5076254	5524938	3262157	5780028	3694272
δ-Cadinen	3671505	3672864	2595840	3073246	2217369

Tabelle 12_2: Verbindungen und Flächen der einzelnen Sorten Teil 2

Um heraus zu finden, welche Holunderblütensorten (Abbildung 46) ein höheres Potential des wohlriechenden Geruchs haben, könnte mit einer olfaktometrischen Analyse der frischen Blüten, wobei die menschliche Nase als Detektor dient (siehe Abschnitt 5.2.2 Seite 29), als auch mit Durchführung einer bewertenden deskriptiven Geruchsbeschreibung mittels Expertenpanels, erfolgen.



Abbildung 46: Klon 17

8.1.2 Multivariate Datenauswertung

Da die GC-MS Analyse eine unüberschaubare Datenanzahl ergibt, bedient man sich des Öffterens der Hauptkomponentenanalyse, um die Werte bildlich in einem zweidimensionalen Raum darstellen zu können.

Diese Methode liefert einen möglichst schnellen und aussagekräftigen Vergleich der komplexen Aromaprofile, indem das Programm „masstat“ die ganzen Chromatogramme einliest und nach einem dem Benutzer unbekanntem Algorithmus auswertet. Infolgedessen, kommt es zu einer Reduktion der Datenanzahl, die eine relativ einfache und prägnante Darstellung im Koordinatensystem ermöglicht.

Im Gegensatz dazu, gibt man beim Programm „unscrambler“ Daten an, die analysiert werden. Dabei hat man auch die Möglichkeit selbst einzugreifen, in dem man die Daten gewichten kann.

2D display:

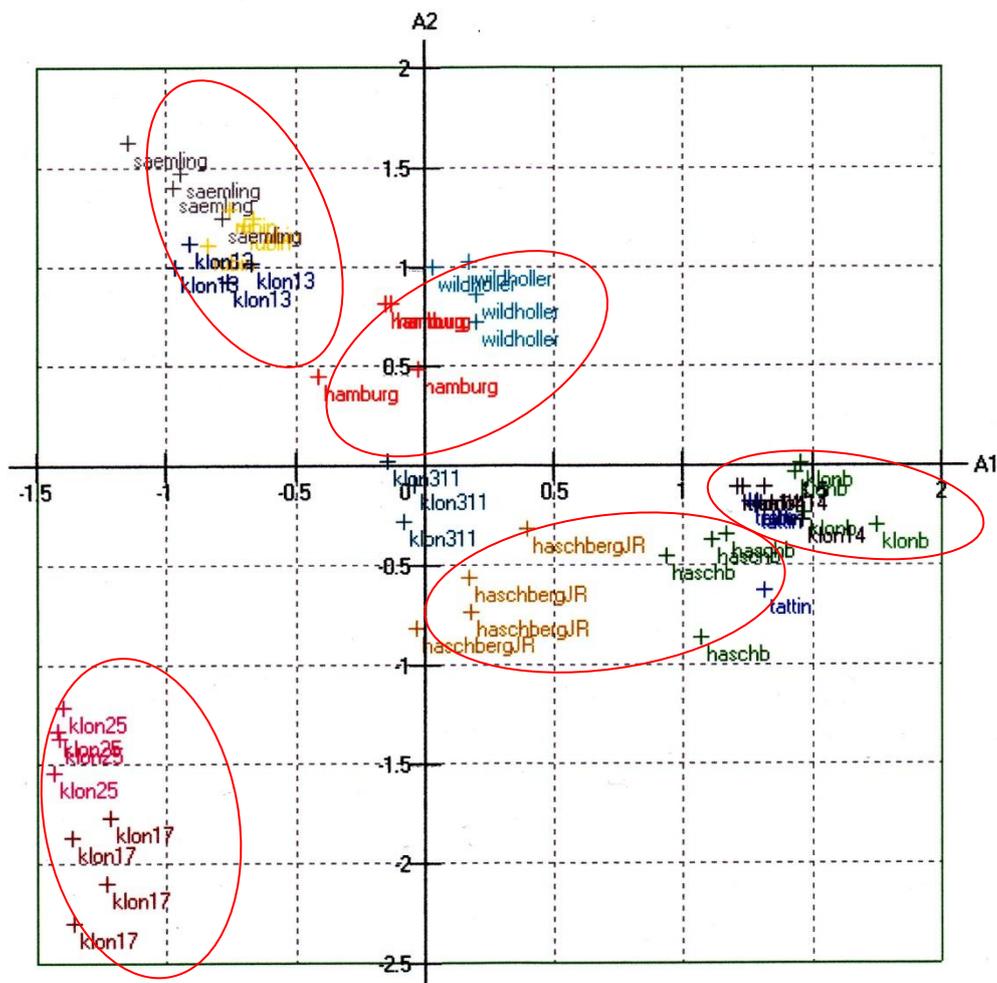


Abbildung 47: Datenauswertung der kultivierten Holunderblüten mittels „masstat“.

Der Vergleich der kultivierten Sorten und zusätzlich einer weiteren Haschberg Probe aus Gleichenberg, als HaschbergJR bezeichnet, zeigt deutlich, dass sich die Sorten Klon 14, Klon B und Tattin decken und somit auch denselben Ursprung haben. Das gleiche gilt für die Sorten Sämling, Rubin und Klon 13, wobei es sich dabei höchstwahrscheinlich um optimierte und verbesserte Klone der Sorte Rubin handelt. Auch die Sorten Klon 17 und Klon 25 weisen Ähnlichkeiten auf, und bilden eine separate Gruppe, die sich gänzlich von den anderen Sorten unterscheiden. Außerdem geht aus der Abbildung 47 hervor, dass die beiden Haschbergsorten sehr ähnlich sind, obwohl diese aus zwei unterschiedlichen Standorten stammen. Demnach ist der Standort des Holunders nicht von Belangen.

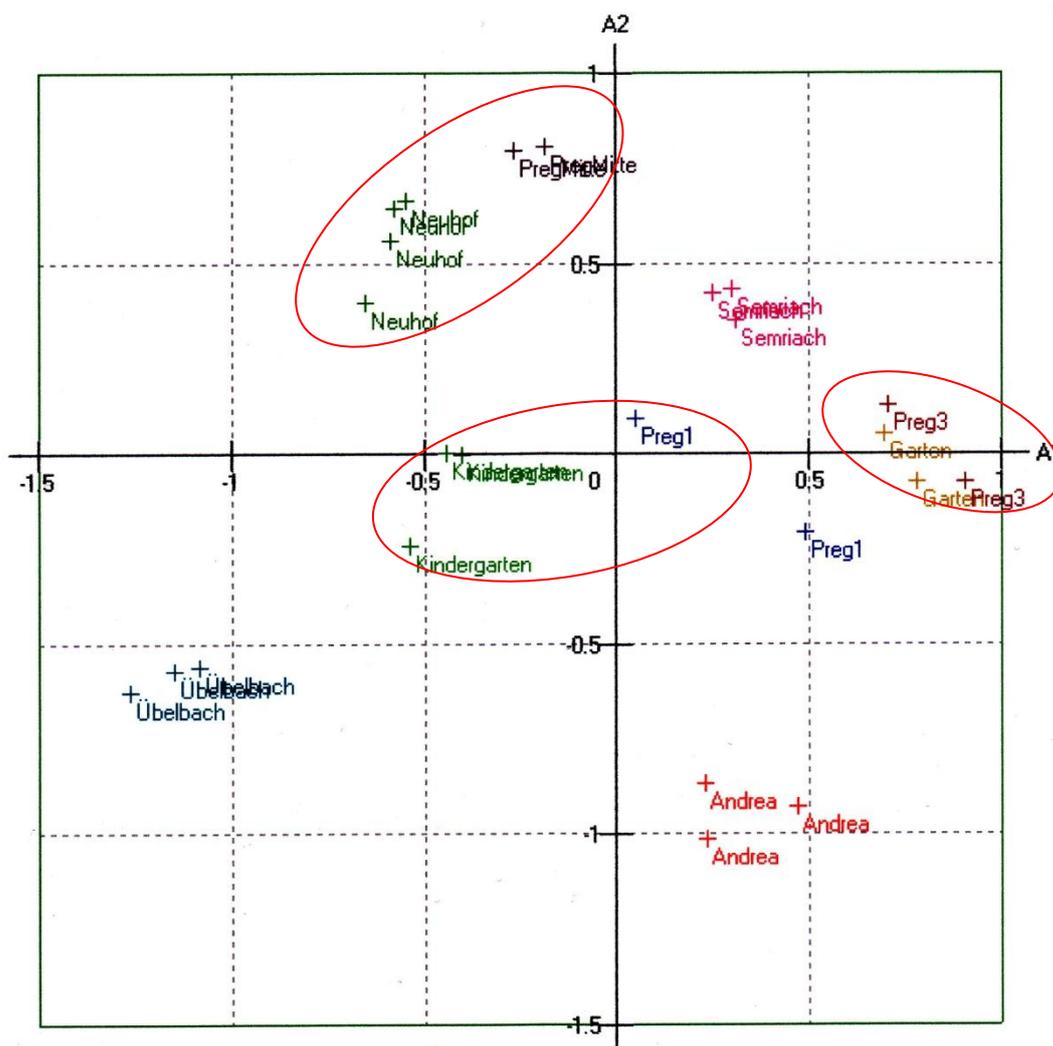


Abbildung 48: Datenauswertung der Wildholundersorten mittels „masstat“.

Aus der multivariaten Datenauswertung der Wildholundersorten in Abbildung 48 geht sichtlich hervor, dass nur die Proben Neuhof/ Preg Mitte, Kindergarten/ Preg 1 sowie Garten und Preg 3 jeweils einen eigenen Cluster bilden, was darauf schließen lässt, dass diese Holundersorten einen gleichen genetischen Ursprung besitzen.

Das ist bei den Blütenproben Preg Mitte und Neuhof nur schwer vorzustellen, da diese Probennahmeorte kilometerweise voneinander getrennt sind (Luftlinie Preggraben – Neuhof zirka 50km). Dasselbe gilt für die Holunderblüten Preg 3 und Garten, dabei ist der Garten meiner Eltern in Übelbach gemeint.

Die Probenbezeichnungen Kindergarten, Garten, Neuhof und Übelbach wurden deshalb so gewählt, da alle vier Proben aus der Region Übelbach stammen. Bei den Sorten Kindergarten und Übelbach handelt es sich sogar um Holundersträucher, die nebeneinander wachsen.

Weiters ist in der Abbildung 48 gut zu erkennen, dass sich die Proben Übelbach und Andrea, dabei handelt es sich um Holunderblüten aus Graz, gänzlich von den anderen unterscheiden und sich keiner Gruppe zuordnen lassen. Nur die Blüten aus Semriach scheinen einen „Mittelwert“ der drei eingezeichneten Cluster zu bilden.

Bei einem Vergleich der Aromaprofile von Wildformen und Zuchtformen sind signifikante Unterschiede bemerkbar, woraus zu schließen ist, dass sich Aromaprofile nicht miteinander decken lassen und somit nicht einander zugeordnet werden können.

Durch diese einfache und äußerst schnelle Methode wird ein sehr aussagekräftiges Ergebnis erhalten. So spielt der Standort eines Holunderstrauches keine wesentliche Rolle und hat dadurch, keinen oder sehr geringen Einfluss auf das Aromaprofil. Diese Feststellung kann auch durch die Untersuchungen von Innerhofer und Siegmund im Jahr 2011 bekräftigt werden.

8.2 Blütenextrakte

Wie bereits im oberen Abschnitt erwähnt wurde, sind die Holunderblüten ohne Aromaverlust weder durch Trocknen, Tiefrieren noch durch Aufbewahren im Kühlraum auf Dauer lagerfähig. Aus diesem Grund wurden auch in dieser Arbeit aus den frischen Blüten herkömmliche Holunderextrakte hergestellt, die dann in Glasflaschen abgefüllt und eingefroren wurden. Somit konnte ohne weiteres eine längere Lagerung ohne signifikante Änderungen der sensorischen Eigenschaften bewerkstelligt werden. Diese wurden anschließend im Hinblick der Aromastoffe mit unterschiedlichen Methoden der Aromastoffanalytik untersucht. Dadurch konnte im Laufe dieser Arbeit auch bestätigt werden, dass die Sortenwahl und damit verbunden das Vorhandensein vieler flüchtigen Verbindungen, einen wesentlichen Einfluss auf die Ausbildung des charakteristischen Holunderaromas im Extrakt hat.

Um heraus zu finden, ob eine Korrelation zwischen der Ausbildung des charakteristischen Holundergeruchs und dem Auftreten bestimmter flüchtiger Verbindungen besteht, wurde mittels GC-Olfaktometrie versucht, die aromarelevanten Substanzen in den einzelnen Holunderextrakten zu

bestimmen. Diese Auswertungen waren von großem Interesse, da somit festgestellt werden kann, welche Verbindungen einen höheren Einfluss auf das Gesamtaroma der Holunderblüten haben.

Da auch in diesem Abschnitt eine unüberschaubare Datenanzahl anfiel, wurde ebenfalls eine Hauptkomponentenanalyse erstellt, die eine relativ einfache und prägnante Darstellung der Werte im Koordinatensystem ermöglichte.

8.2.1 HS-SPME-GC-MS

Um einen Vergleich zwischen den sortenreinen Holunderblüten und den Holunderblütenextrakten zu erhalten, wurden diese ebenfalls mittels HS-SPME-GC-MS gemessen und deren Aromaprofile erstellt. Die Abbildung 49 liefert eine Überlagerung aller Extrakt-Chromatogramme, wohingegen in der Tabelle 13 die Gesamtheit aller Verbindungen (111 Substanzen) aus den Extrakten, die mittels Spektreninterpretation bestimmt werden konnten, aufgelistet sind.

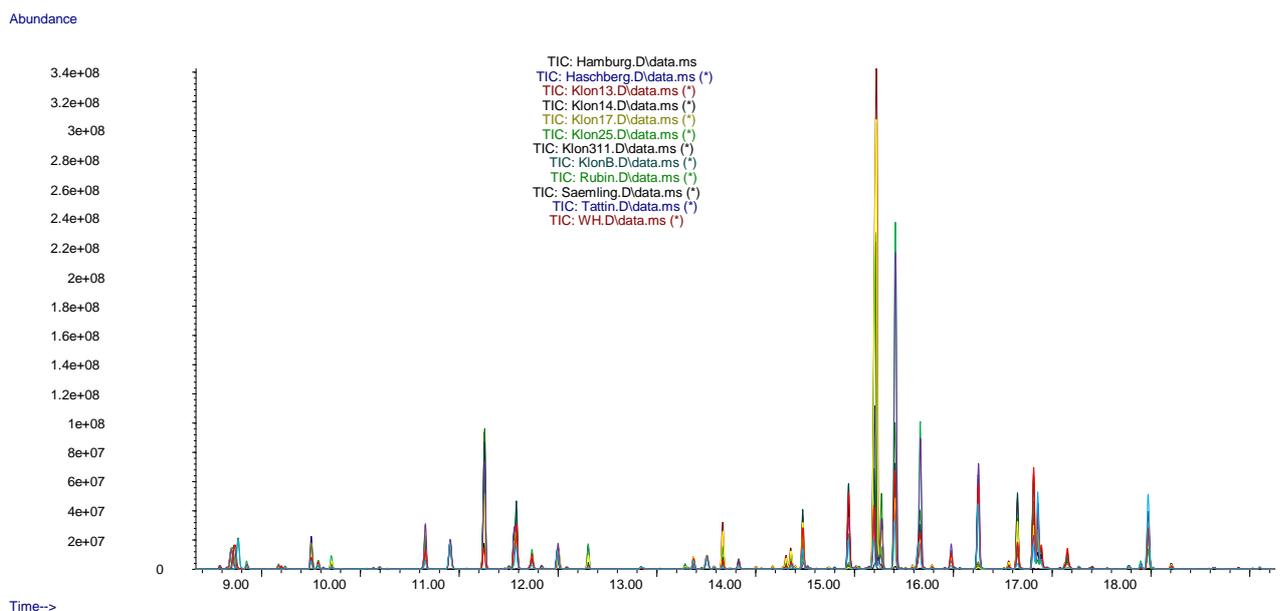


Abbildung 49: Überlagerung der Aromaprofile aller Holunderblütenextrakte

Die Abbildung ist auf Grund der großen Datenmenge allerdings sehr unübersichtlich. Deshalb sind die Chromatogramme der einzelnen Holunderblütensorten im Anhang III angeführt.

Durch eine Vergrößerung (Abb. 50) in dem Retentionszeitenbereich 15.00-16.40min kann gezeigt werden, dass sich die Extrakte sehr wohl voneinander unterscheiden. Vor allem in diesem Bereich gibt es große Unterschiede in der Terpenfraktion.

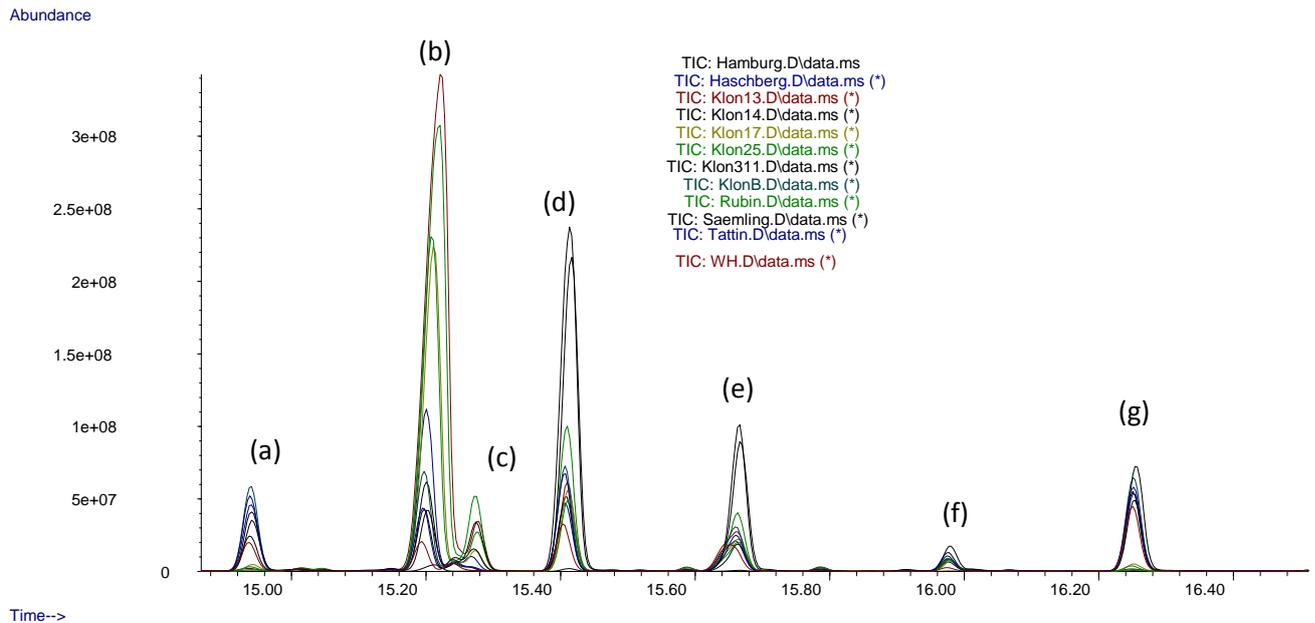


Abbildung 50: Vergrößerung in dem Bereich 15.00- 16.40 sind folgende Verbindungen zu identifizieren: (a): Linalooloxid (furanoid), (b): Linalool, (c) : Hotrienol, (d): cis-Rosenoxid, (e): trans-Rosenoxid, (f): Neroloxid, (g): Linalooloxid (pyranoid)

Diese Unterscheidungen in den Terpenfraktionen sind, neben dem Auftreten ein paar zusätzlicher Verbindungen, für die signifikanten Geruchsunterschiede, die im Zuge der sensorischen Methoden evaluiert wurden, mitverantwortlich.

Die unten angeführte Tabelle 13 führt alle Verbindungen auf, die in den Extrakten mittels Spektreninterpretation („Wiley“) bestimmt wurden.

Verbindungen
4-Methyl-1,3-pentadien
3-Methylbutanal
2-Methylbutanal
1 -Penten-3-ol
1-Penten-3-on
Pentanal
3-Hydroxy-2-butanon (Acetoin)
3-Methyl-1-butanol
2-Methyl-1-butanol
4-methyl-2-pentanon
2-Methyl-2-Butenal (tiglad-aldehyd)
Dimethyldisulfid
trans-2-Pentenal
Pentanol
(Z)-2-Pentenol
Methyl 2-methylbutyrat

n-Hexanal
2-Furancarboxaldehyd (Furfural)
Ethyl-2-methylbutyrat
Ethylisovalerate
(E)-2-Hexenal
(Z)-3-Hexenol
Hexanol
5-Methyl-2(3H)-Furanon
n-Heptanal
(E,E)-2,4-Hexadienal
Dihydro-2(3H)-Furanon
Ethyl tiglat
Isovaleransäure
α -Pinen
1-Heptanol
Benzaldehyd
1-Octen-3-ol
6-Methyl-5-hepten-2-on
Dimethyltrisulfid
Myrcen
Methyl-2-Hydroxy-3-Methyl-pentanoat
(E-) 3-Hexenyl acetat
Hexyl acetat
α -Phellandren
1,3,8-p-Menthatrien
α -Terpinen
p-Cymen
(Z)- β -Ocimen
Benzyl alcohol
β -Phellandren
(E)- β -Ocimen
Phenylacetaldehyd
δ -2-Caren/ δ - 3-Caren
γ -Terpinen
Octanol
(E)-Dihydro-rosenoxid
Epoxylinalool
Linalool oxid
Linalool
Nonanal
Hotrienol
(Z)-Rosenoxid
2-Methylbenzofuran
p-Mentha-1,5,8-trien
Alloocimen
(E)-Rosenoxid
Z-3-Hexenyl acetat
Neo-alloocimen

Citronellal
Neroloxid
Nonanol
Linalooloxid pyranoid
3.7-Dimethyl-1,5-octadien-3,7-diol
α -Terpineol/ β -Fenchyl alkohol
Methyl salicilat
Citronellool
cis-3-Hexenyl-alpha-Methylbutyrat
Nerol
Neral
m-Mentha-1(7),8-dien
Geraniol
Isogeraniol
p-Anisaldehyd
Citral
α -Terpinolene, δ -3-Caren
(Z)-Methyl geranat
Ethyl salicilat
Dihydroedulan II
Dihydroedulan I/ cis-3-Hexenyl tiglät
Hexyl tiglät
Methyl anisat
Citronellyl acetat
Eugenol
cis-3-Hexenyl hexanoat
β -Damascenon
cis-Jasmon
o-Cymen
β -Caryophyllen
Pentadecan
δ -Amorphen
(E,E)- α -Farnesen
D-Germacren
α -Muurolen
δ - Cadinen
cis-Calamen
α -Calacoren
3-(Z)-Hexenyl benzoate
Hexyl benzoat
8-Heptadecen
Heptadecen
2.3-Dihydro-1,1,3-trimethyl-3-phenyl-1H-Inden
Nonadecan
Heptadecan

Abbildung 13: alle Verbindungen, die in den Extrakten gemessen, und durch die Spektrenbibliothek „Wiley“ bestimmt worden sind

Wohingegen in den Tabellen 14 - 16 nur jene Verbindungen aufgelistet sind, die in allen Holunderextrakten vorkommen, und zugleich auch als geruchsaktive Substanzen in der Literatur bestimmt wurden.⁷³ Darüber hinaus sind in den einzelnen Tabellen die Geruchsbeschreibungen der Verbindungen angeführt.⁷⁴

Verbindungen	Area Sämling	Area Kon17	Area Hamburg	Area Klon14	Geruchsbeschreibung
3-Methylbutanal	1847415	958070	1367601	1252764	Malz
2-Methylbutanal	1343107	1818650	1658112	1282607	Kakao, Mandeln
3-Methyl-1-butanol	1823903	5578916	2920098	2180358	Fuselalkohol
2-Methyl-1-butanol	731661	1941401	1507346	1167286	geröstet, Wein, Zwiebel, fruchtig
2-Methyl-2-Butenal	479889	1375821	1346405	473970	Pfefferminze, Campher
Pentanol	159433	140559	87777	169361	ölig, grün
n-Hexanal	9913074	1989527	4197772	6862533	Gras, Talg, fettig
(Z)-3-Hexenol	8095807	10557709	8350363	16072561	Gras
Hexanol	2773950	4033691	2617404	3279628	<u>Rosinen, blumig, grün</u>
n-Heptanal	928669	679642	1852017	809733	ranzig, Walnuss, Fisch
Benzaldehyd	944549	708489	1370396	1808163	Mandel, verbrannter Zucker
1-Octen-3-ol	138453	122394	74094	163929	Käse, cremig, erdig, Gemüse
6-Methyl-5-hepten-2-on	379714	528547	299767	212001	Zitrus, grün, Most, Zitronengras, Apfel
Myrcen	807825	4896033	4569558	1336969	Balsamico, Most, würzig
(E)-3-Hexenylacetat	2029430	2020374	682121	1300609	fruchtig, grün, Banane
α-Phellandren	167595	375072	299248	154158	Terpentin, minzig, würzig
p-Cymen	96143	291127	284864	136086	Lösungsmittel, Treibstoff, Zitrus
cis-β-Ocimen	217987	1256821	1339743	479790	blumig, herb, süß
Benzyl alcohol	1572787	3247207	2789902	1361369	süß, blumig, Zitrone/Orange

⁷³ Vgl. Anhang VI Geruchsbeschreibungen, Schwellenwerte und Literaturangaben

⁷⁴ Vgl. ebenda

(E)-β-Ocimen	94309	4682509	7641820	4043508	süß, herb
Linalool	13150384	79517533	81969759	12881125	Lavendel
Linalooloxid	800229	474800	438299	407321	blumig, herb, erdig, grün
(Z)-Rosenoxid	71498930	16790700	29492770	15412389	grün, rosig, würzig, frisch, Geranien
Allo-ocimen	93792	257424	353341	143240	süß, floral, Nusschale, pfeffrig, pflanzlich
(E)-Rosenoxid	30858795	9699779	14328178	6763608	blumig, Rosen
Neo-alloocimen	138204	354066	546393	225896	süß, frisch, floral, blumig
Neroloxid	5742527	2292295	3626917	2583148	ölig, blumig
Linalooloxid (pyranoid)	24033619	1544311	7546778	15791830	Zitrus, grün
Methyl salicylat	5256358	4132273	6277464	10481074	Wintergrün, minzig
Citronellol	6841402	19559797	11213754	13857832	Rosen, Geranien
Geraniol	1665052	3853563	1895492	2493470	Rosen, Geranien
Citral	192743	198012	130447	274988	Zitrone
Dihydroedulan II	1250353	267576	1075628	306906	Hollunderblüte, fruchtig
Dihydroedulan I/ (Z)-3-Hexeny Itiglat	12344768	9597197	12617638	8354637	frisch, grün, blumig, fruchtig
Methyl anisat	609794	323610	1732962	1257465	herb, Anis, süß
β-Damascenon	179534	244781	71581	396437	Fruchtig, Hollerbeeren
E,E-α-Farnesen	723054	213684	325642	420535	holzig, süßlich

Abbildung 14: Auflistung der flüchtigen Verbindungen in den Holunderextrakten Sämling, Klon 17, Hamburg und Klon 14

Verbindungen	Area Tattin	Area Rubin	Area Haschberg	Area KlonB	Geruchsbeschreibung
3-Methylbutanal	1801077	1919646	1116437	2207696	Malz
2-Methylbutanal	2151339	1911116	1150802	2214412	Kakao, Mandeln
3-Methyl-1- butanol	2473683	1808419	6864154	1831817	Fuselalkohol
2-Methyl-1- butanol	1583953	1082806	1362006	856656	geröstet, Wein, Zwiebel, fruchtig
2-Methyl-2-Butenal	741210	1647868	852796	921114	Pfefferminze, Campher
Pentanol	125211	192028	156977	115632	ölig, grün
n-Hexanal	3678440	8981497	6645669	6818875	Gras, Talg, fettig
(Z)-3-Hexenol	9348733	8970190	6709936	13719513	Gras
Hexanol	3565756	3243600	2413088	3158118	<u>Rosinen, blumig, grün</u>
n-Haptanal	899247	2869648	1060996	1450392	ranzig, Walnuss, Fisch
Benzaldehyd	2260125	2619085	447768	2267926	Mandel, verbrannter

					Zucker
1-Octen-3-ol	200942	196986	173761	242005	Käse, cremig, erdig, Gemüse
6-Methyl-5-hepten-2-on	332751	642118	243175	391271	Zitrus, grün, Most, Zitronengras, Apfel
Myrcen	1908927	7784380	2313418	2291729	Balsamico, Most, würzig
(E)-3-Hexenylacetat	1384407	838335	977601	1682366	fruchtig, grün, Bananar
α-Phellandren	317498	574142	203814	382169	Terpentin, minzig, würzig
p-Cymen	193684	354362	176103	153468	Lösungsmittel, Treibstoff, Zitrus
(Z)-β-Ocimen	738133	2253846	716232	1067035	blumig, herb, süß
Benzyl alcohol	1596730	3865939	1224594	1778228	süß, blumig, Zitrone/Orange
(E)-β-Ocimen	8287279	9602407	5204510	11801694	süß, herb
Linalool	1600086	129527484	35171513	21248528	Lavendel
Linalooloxid	13580348	362339	746320	787847	blumig, herb, erdig, grün
(Z)-Rosenoxid	188489	14238595	13987900	21591067	grün, rosig, würzig, frisch, Geranien
Allo-ocimen	9599807	524308	186994	509674	süß, floral, Nussschale, pfeffrig, pflanzlich
(E)-Rosenoxid	231160	8250160	9002096	12433725	blumig, Rosen
Neo-alloocimen	194645	721616	336100	781927	süß, frisch, floral, blumig
Neroloxid	287822	2299278	1931608	2795152	ölig, blumig
Linalooloxid (pyranoid)	936058	420274	16475284	21273758	Zitrus, grün
Methyl salicylat	21380697	9955241	3081968	16043895	Wintergrün, minzig
Citronellol	11174990	8836621	13916318	19237110	Rosen, Geranien
Geraniol	100917	1392316	2483749	4242591	Rosen, Geranien
Citral	172947	142840	272807	556223	Zitrone
Dihydroedulan II	8843062	905188	484146	489127	Hollunderblüte, fruchtig
Dihydroedulan I/ (Z)-3-Hexenyl tiglat	313093	10943964	9555541	12117936	frisch, grün, blumig, fruchtig
Methyl anisat	171973	1083971	291865	1162413	herb, Anis, süß
β-Damascenon	155989	202720	188021	356966	Fruchtig, Hollerbeeren
E,E-α-Farnesen	155141	513853	371787	596720	holzig, süßlich

Tabelle 15: Auflistung der flüchtigen Verbindungen in den Holunderextrakten Tattin, Rubin, Haschberg, Klon B

Verbindungen	Area Klon311	Area Klon25	Area Kon13	Area Wildholler	Geruchsbeschreibung
3-Methylbutanal	2817713	948844	1875170	1636489	Malz
2-Methylbutanal	3145557	1451277	2003052	2189809	Kakao, Mandeln
3-Methyl-1-butanol	1986364	1540812	1711406	1735015	Fuselalkohol
2-Methyl-1-butanol	1841570	1197260	1075931	1009285	geröstet, Wein, Zwiebel, fruchtig
2-Methyl-2-Butenal	2807287	1386779	1575164	604107	Pfefferminze, Campher
Pentanol	222698	84204	150402	113444	ölig, grün
n-Hexanal	9016382	4690693	6695516	1709715	Gras, Talg, fettig
(Z)-3-Hexenol	12766976	11049588	13589395	4952325	Gras
Hexanol	4279009	2011155	2592863	1079624	<u>Rosinen, blumig, grün</u>
n-Haptanal	5092062	1254880	4690279	495642	ranzig, Walnuss, Fisch
Benzaldehyd	750496	2109471	2435917	1735301	Mandel, verbrannter Zucker
1-Octen-3-ol	319342	127733	265015	114947	Käse, cremig, erdig, Gemüse
6-Methyl-5-hepten-2-on	671108	493805	487650	353872	Zitrus, grün, Most, Zitronengras, Apfel
Myrcen	1535881	4425037	9430455	676738	Balsamico, Most, würzig
(E)-3-Hexenylacetat	2022040	931236	1009576	970118	fruchtig, grün, Banane
α-Phellandren	210307	452555	538890	68938	Terpentin, minzig, würzig
p-Cymen	154698	215962	407708	118473	Lösungsmittel, Treibstoff, Zitrus
(Z)-β-Ocimen	454524	1248935	2749618	264507	blumig, herb, süß
Benzyl alcohol	972257	2465468	4583257	1153547	süß, blumig, Zitrone/Orange
(E)-β-Ocimen	1812037	5585889	10706929	4021231	süß, herb
Linalool	19322625	82984849	62590923	6097667	Lavendel
Linalooloxid	509276	298447	653114	339775	blumig, herb, erdig, grün
(Z)-Rosenoxid	81048316	30434580	17857182	9703916	grün, rosig, würzig, frisch, Geranien
Allo-ocimen	70860	300659	552061	116389	süß, floral, Nussschale, pfeffrig, pflanzlich
(E)-Rosenoxid	32373840	14279510	12354473	795598	blumig, Rosen
Neo-alloocimen	163800	393973	805014	233572	süß, frisch, floral, blumig

Neroloxid	4002975	2610242	2559319	884335	ölig, blumig
Linalooloxid (pyranoid)	17382041	1194659	525075	14278158	Zitrus, grün
Methyl salicylat	4162012	10925211	14008822	1214318	Wintergrün, minzig
Citronellol	13848125	13691528	12054817	4679784	Rosen, Geranien
Geraniol	2910230	2670673	2078304	803952	Rosen, Geranien
Citral	394887	364149	138870	42180	Zitrone
Dihydroedulan II	1778457	498060	840068	971712	Hollunderblüte, fruchtig
Dihydroedulan I/ (Z)-3-Hexenyl tiglat	4209187	4746308	12293349	17031499	frisch, grün, blumig, fruchtig
Methyl anisat	154385	640766	1103292	275868	herb, Anis, süß
β-Damascenon	45716	305100	125424	185605	Fruchtig, Hollerbeeren
E,E-α-Farnesen	160162	820594	282037	791147	holzig, süßlich

Tabelle 16: Auflistung der flüchtigen Verbindungen in den Holunderextrakten Klon 311, Klon 25, Klon 13, Wildholunder aus Feldbach

Um diese Verbindungen eindeutig identifizieren zu können, müssen die Retentionsindizes bestimmt werden, wobei vorausgesetzt wird dass, die Extrakte auf mindestens zwei GC-Säulen mit unterschiedlicher Polarität getrennt werden.

Die berechneten RI's (Retentionsindices) können dann mit RI-Datenbanken und Literaturstellen verglichen werden. Erst wenn diese tatsächlich übereinstimmen, gilt eine Verbindung als vollständig identifiziert. Allerdings wurden die Extrakte im Rahmen dieser Arbeit nur auf einer Säule (HP-5) getrennt, somit Bedarf es an weiteren Untersuchungen, um eindeutige Resultate zu erhalten.

Die folgenden Tabellen 17 – 28 veranschaulichen die Übereinstimmungen der berechneten RI's aus den verschiedenen Holunderextrakten mit denen der RI-Datenbank.⁷⁵ Bei den berechneten RI's ist darauf hinzuweisen, dass die Verbindungen zuerst mittels HS-SPME-GC-MS an einer unpolaren Säule getrennt wurden. Die daraus resultierenden Retentionszeiten wurden über die homologe Reihe der Alkane interpoliert (siehe Kapitel 5) und lieferten die berechneten Retentionsindizes. Jene Retentionsindizes die in den eckigen Klammern angegeben sind, stammen von der „Flavornet-Homepage“.⁷⁶

⁷⁵ SKAF-Datenbank

⁷⁶ Vgl. URL: www.flavornet.org, dabei handelt es sich um eine Zusammenstellung sämtlicher Messdaten von der Cornell University, USA

Verbindungen im Sämling	HP5	RI berechnet
4-Methyl-1,3-pentadien		645,0
3-Methylbutanal	656	659,0
2-Methylbutanal	664	669,1
1-Penten-3-ol	686	686,3
1-Penten-3-on	684	690,3
3-Hydroxy-2-butanon (Acetoin)	718	718,7
3-Methyl-1-butanol	736	737,0
2-Methyl-1-butanol	739	741,0
4-methyl-2-pentanon	741	743,8
2-Methyl-2-Butenal (tiglad-aldehyd)	749	748,4
Pentanol	767	767,9
n-Hexanal	801	800,6
2-Furancarboxaldehyd (Furfural)	836	837,5
trans-2-Hexenal	854	856,2
cis-3-Hexenol	858	857,3
Hexanol	867	867,2
5-methyl-2(3H)-Furanon	901	873,4
n-Haptanal	903	902,7
(E,E)-2,4-Hexadienal	910	913,4
5-Methyl-2(3H)-Furanon	945	944,3
Isovaleransäure	877	961,7
1-Heptanol	968	968,5
Benzaldehyd	971	974,2
1-Octen-3-ol	979	979,6
6-Methyl-5-hepten-2-on	987	988,1
Myrcen	992	994,0
(E)-3-Hexenyl acetat	1004	1005,0
Hexyl acetat	1008	1010,3
α -Phellandren	1014	1017,8
p-Cymen	1034	1038,0
(Z)- β -Ocimen	1039	1039,9
Benzyl alcohol	1041	1043,7
Phenylacetaldehyd	1057	1057,6
Octanol	1071	1070,4
(E)-Dihydro-rosenoxid	1075	1075,5
Epoxylinalool	[767]	1085,7
Linalool oxid	1088	1100,8
Linalool	1100	1104,8
Nonanal	1108	1108,1
Hotrienol	[1101]	1110,4
(Z)-Rosenoxid	[1109]	1121,4
2-Methylbenzofuran	1109	1126,3
p-Mentha-1,5,8-trien	1115	1129,6
Alloocimene	1134	1134,8
(E)-Rosenoxid	1140	1140,9
Neo-alloocimen	1149	1150,2
Neroloxid	[1131]	1165,0
Nonanol	1171	1172,1
Linalooloxid (pyranoid)	1174	1186,4
α -Terpineol	1195	1211,0

Methyl salicylat	[1234]	1218,3
Citronellol	1233	1231,6
Nerol	1233	1238,1
m-Mentha-1(7),8-dien	998	1258,2
Geraniol	1259	1260,0
Isogeraniol	[1464]	1269,8
Citral	[1254]	1280,8
α-Terpinolen, δ-3-Caren	1090/1018	1284,8
(Z)-Methyl geranat	1283	1288,2
Ethyl salicylat	1280	1293,5
Dihydroedulan II	1300	1323,0
Dihydroedulan I	1292	1329,7
Hexyl tiglat	1331	1333,5
Methyl anisat	1340	1350,4
Citronellyl acetat	1353	1354,3
β-Damascenon	1386	1411,3
cis-Jasmon	1404	1424,6
o-Cymen	1023	1447,2
Pentadecan	1500	1500,3
δ-Amorphen	1512	1513,9
(E,E)- α -Farnesen	1516	1517,4
α-Muurolen	1530	1535,8
δ- Cadinen	[1214]	1558,0
cis-Calamen	1566	1564,7
3-(Z)-Hexenyl benzoat	1581	1596,7
Hexyl benzoat	1595,76	1600,5
8-Heptadecen	1677	1684,2
Heptadecen	1700	1700,7
Nonadecan	1900	1900,8

Tabelle 17: Bestimmung der Retentionsindices vom Sämling

Verbindungen im Klon 17	HP5	RI ber
4-Methyl-1.3-pentadien		645,3
3-Methylbutanal	656	659,2
2-Methylbutanal	664	669,1
Pentanal	701	701,4
3-Hydroxy-2-butanon (Acetoin)	718	718,9
3-Methyl-1-butanol	736	737,2
2-Methyl-1-butanol	739	741,0
2-Methyl-2-Butenal (tiglad-aldehyd)	749	748,4
Pentanol	767	768,0
n-Hexanal	801	800,6
Ethylisovalerat	852	853,0
(Z)-3-Hexenol	858	857,5
Hexanol	867	867,3
n-Haptanal	903	902,7
Dihydro-2(3H)-Furanon	918	919,0
1-Heptanol	968	968,5

Benzaldehyd	971	974,2
1-Octen-3-ol	979	979,7
6-Methyl-5-hepten-2-on	987	988,1
Myrcen	992	994,0
(E)-3-Hexenyl acetat	1004	1005,0
α -Phellandren	1014	1018,1
α -Terpinen	1022	1030,1
p-Cymen	1034	1038,0
(Z)- β -Ocimen	1039	1039,9
Benzyl alcohol	1041	1043,5
β -Phellandren	1043	1046,8
(E)- β -Ocimen	1051	1052,2
δ -2-Carene	1012	1062,2
γ -Terpinen	1074	1071,6
Epoxylinolool	[767]	1085,7
Linalool oxid	1088	1101,0
Linalool	1100	1105,6
Hotrienol	[1101]	1110,3
(Z)-Rosenoxid	[1109]	1121,0
p-Mentha-1,5,8-trien	1115	1129,5
Alloocimen	1134	1135,1
(E)-Rosenoxid	1140	1140,6
Neo-alloocimen	1149	1150,5
Neroloxid	[1131]	1165,0
Nonanol	1171	1171,9
Linalool oxid pyranoid	1174	1186,3
α -Terpineol	1195	1211,2
Methyl salicylat	[1234]	1218,3
Citronellol	1233	1231,7
(Z)-3-Hexenyl-alpha-Methylbutyrat	1231	1235,5
Nerol	1233	1238,1
Neral	1247	1254,0
Geraniol	1259	1260,1
Citral	[1254]	1281,1
Dihydroedulan II	1300	1323,2
Dihydroedulan I	1292	1329,7
Methyl anisat	1340	1350,5
β -Damascenon	1386	1410,9
(Z)-Jasmon	1404	1424,7
Pentadecan	1500	1500,0
(E,E)- α -Farnesen	1516	1517,5
3-Z-Hexenyl benzoat	1581	1596,7

Hexyl benzoat	1595,76	1600,3
8-Heptadecen	1677	1684,2
Heptadecen	1700	1700,5
2,3-Dihydro-1,1,3-trimethyl-3-phenyl-1H-Inden	1716	1773,0
Nonadecan	1900	1900,8

Tabelle 18: Bestimmung der Retentionsindices vom Klon 17

Verbindungen im Hamburg	HPS	RI berechnet
4-Methyl-1,3-pentadien		645,4
3-Methylbutanal	656	659,1
2-Methylbutanal	664	669,1
Pentanal	701	701,4
3-Hydroxy-2-butanon (Acetoin)	718	718,8
3-Methyl-1-butanol	736	737,1
2-Methyl-1-butanol	739	741,0
2-Methyl-2-Butenal (tiglad-aldehyd)	749	748,4
Pentanol	767	768,0
n-Hexanal	801	800,6
2-Furancarboxaldehyd (Furfural)	836	837,2
Ethylisovalerat	852	852,9
(Z)-3-Hexenol	858	857,4
Hexanol	867	867,3
n-Heptanal	903	902,7
Dihydro-2(3H)-Furanon	918	919,0
1-Heptanol	968	968,5
Benzaldehyd	971	974,2
1-Octen-3-ol	979	979,6
6-Methyl-5-hepten-2-on	987	988,1
Myrcen	992	994,1
(E)-3-Hexenyl acetat	1004	1005,3
α -Phellandren	1014	1018,2
α -Terpinen	1022	1030,2
p-Cymen	1034	1038,0
(Z)- β -Ocimen	1039	1039,9
Benzyl alcohol	1041	1043,5
β -Phellandren	1043	1046,8
(E)- β -Ocimen	1051	1052,2
Phenylacetaldehyd	1057	1058,2
δ -2-Caren	1012	1062,3
γ -Terpinen	1074	1071,5
Epoxylinool	[767]	1085,7
Linalooloxid	1088	1100,9
Linalool	1100	1105,7

Hotrienol	[1101]	1110,5
(Z)-Rosenoxid	[1109]	1121,2
p-Mentha-1,5,8-trien	1115	1129,6
Alloocimen	1134	1135,1
(E)-Rosenoxid	1140	1140,9
Neo-alloocimen	1149	1150,5
Neroloxid	[1131]	1165,2
Linalooloxid pyranoid	1174	1186,3
3,7-Dimethyl-1,5-octadien-3,7-diol	1194	1194,0
α -Terpineol	1195	1211,2
Methyl salicylat	[1234]	1218,4
Citronellol	1233	1231,7
(Z)-3-Hexenyl- α -Methylbutyrat	1231	1235,4
Nerol	1233	1237,9
Neral	1247	1254,4
Geraniol	1259	1260,1
Isogeraniol	[1464]	1270,0
Citral	[1254]	1280,9
(Z)-Methyl geranat	1283	1288,0
Ethyl salicylat	1280	1293,6
Dihydroedulan II	1300	1323,1
Dihydroedulan I	1292	1329,7
Hexyl tiglat	1331	1333,5
Methyl anisat	1340	1350,3
β -Damascenon	1386	1411,0
(Z)-Jasmon	1404	1424,7
Pentadecan	1500	1500,1
E,E- α -Farnesen	1516	1517,5
3-Z-Hexenyl benzoat	1581	1596,7
Heptadecen	1700	1700,5
2,3-Dihydro-1,1,3-trimethyl-3-phenyl-1H-Inden	1716	1773,2

Tabelle 19: Bestimmung der Retentionsindices vom Hamburg

Verbindung Klon14	HP5	RI berechnet
4-Methyl-1,3-pentadien		
3-Methylbutanal	656	659,1
2-Methylbutanal	664	669,1
Pentanal	701	701,3
3-Hydroxy-2-butanon (Acetoin)	718	718,9
3-Methyl-1-butanol	736	737,0
2-Methyl-1-butanol	739	741,0
2-Methyl-2-Butenal (tiglad-aldehyd)	749	748,4
Pentanol	767	767,8

(Z)-2-Pentenol	767	771,6
n-Hexanal	801	800,5
2-Furancarboxaldehyde (Furfural)	836	837,0
(Z)-3-Hexenol	858	857,4
Hexanol	867	867,2
n-Heptanal	903	902,6
Benzaldehyd	971	974,1
1-Octen-3-ol	979	979,5
6-Methyl-5-hepten-2-on	987	988,1
Myrcen	992	994,0
(E)-3-Hexenyl acetat	1004	1005,1
α -Phellandren	1014	1017,9
α -Terpinen	1022	1029,9
p-Cymen	1034	1037,9
(Z)- β -Ocimen	1039	1039,9
Benzyl alcohol	1041	1043,5
β -Phellandren	1043	1046,7
(E)- β -Ocimen	1051	1052,1
Phenylacetaldehyd	1057	1058,0
δ -2-Caren	1012	1062,3
Octanol	1071	1070,3
Epoxylinolol	[767]	1085,6
Linalooloxid	1088	1100,7
Linalool	1100	1104,4
Nonanal	1108	1108,0
(Z)-Rosenoxid	[1109]	1120,8
allo-Ocimen	1134	1134,8
(E)-Rosenoxid	1140	1140,5
Neo-alloocimen	1149	1150,4
Neroloxid	[1131]	1165,0
Nonanol	1171	1171,8
Linalooloxid pyranoid	1174	1186,3
α -Terpineol	1195	1211,0
Methyl salicylat	[1234]	1218,2
Citronellol	1233	1231,7
(Z)-3-Hexenyl- α -Methylbutyrat	1231	1235,4
Nerol	1233	1237,9
Neral	1247	1254,2
Geraniol	1259	1260,1
Citral	[1254]	1280,8
α -Terpinolen, δ -Caren	1090/1018	1285,2
Ethyl salicylat	1280	1293,5

Dihydroedulan II	1300	1322,9
Dihydroedulan I	1292	1329,6
Hexyl tiglat	1331	1336,6
Methyl anisat	1340	1350,3
β -Damascenon	1386	1410,9
(Z)-Jasmon	1404	1424,8
o-Cymen	1023	1447,2
β -Caryophyllen	1467	1466,5
Pentadecan	1500	1500,7
(E,E)- α -Farnesen	1516	1517,4
δ - Cadinen	[1214]	1557,9
3-(Z)-Hexenyl benzoat	1581	1596,6
Hexyl benzoat	1595,76	1600,4
Heptadecen	1700	1700,5
2,3-Dihydro-1,1,3-trimethyl-3-phenyl-1H-Inden	1716	1773,3
Nonadecan	1900	1900,5

Tabelle 20: Bestimmung der Retentionsindices vom Klon 14

Verbindung Tattin	HP5	RI berechnet
4-Methyl-1,3-pentadien		
3-Methylbutanal	656	659,1
2-Methylbutanal	664	669,1
1 -Penten-3-ol	686	686,3
Pentanal	701	701,2
3-Hydroxy-2-butanon (Acetoin)	718	720,4
3-Methyl-1-butanol	736	737,1
2-Methyl-1-butanol	739	740,9
2-Methyl-2-Butenal (tiglad-aldehyd)	749	748,4
(E)-2-pentenal	754	759,1
Pentanol	767	767,9
(Z)-2-Pentenol	767	771,5
Methyl 2-Methylbutyrat	776	779,6
n-Hexanal	801	800,6
2-Furancarboxaldehyde (Furfural)	836	837,1
Ethylisovalerat	852	852,8
(E)-2-Hexenal	854	856,1
(Z)-3-Hexenol	858	857,3
Hexanol	867	867,2
Angelica lacton (5-methyl-2(3H)-Furanon)	901	873,2
n-Heptanal	903	902,6
(E,E)-2,4-Hexadienal	910	913,3
Dihydro-2(3H)-Furanon	918	919,1
1-Heptanol	968	968,4

Benzaldehyd	971	974,0
1-Octen-3-ol	979	979,5
6-Methyl-5-hepten-2-on	987	988,1
Myrcen	992	993,8
(E)-3-Hexenyl acetat	1004	1004,9
Hexyl acetat	1008	1010,1
α -Phellandren	1014	1017,8
α -Terpinen	1022	1029,9
p-Cymen	1034	1037,8
(Z)- β -Ocimen	1039	1039,9
Benzyl alcohol	1041	1043,3
β -Phellandren	1043	1046,5
(E)- β -Ocimen	1051	1052,1
Phenylacetaldehyd	1057	1057,7
δ -2-Caren	1012	1062,0
Octanol	1071	1070,2
(E)-Dihydro-rosenoxid	1075	1075,2
Epoxylinolool	[767]	1085,6
Linalooloxid	1088	1100,8
Linalool	1100	1104,5
Nonanal	1108	1108,0
Hotrienol	[1101]	1109,5
(Z)-Rosenoxid	[1109]	1120,8
p-Mentha-1,5,8-trien	1115	1129,5
allo-Ocimen	1134	1134,9
(E)-Rosenoxid	1140	1140,5
Z-3-Hexenyl acetat	1007	1143,8
Neo-alloocimen	1149	1150,3
Citronellal	1159	1159,9
Neroloxid	[1131]	1165,0
Nonanol	1171	1171,9
Linalooloxid pyranoid	1174	1186,4
α -Terpineol	1195	1211,0
Methyl salicylat	[1234]	1218,3
Citronellol	1233	1231,7
(Z)-3-Hexenyl- α -Methylbutyrat	1231	1235,4
Nerol	1233	1238,0
Neral	1247	1254,0
Geraniol	1259	1259,9
Isogeraniol	[1464]	1269,7
Citral	[1254]	1280,8
α -Terpinolen	1090	1285,0

(Z)-Methyl geranat	1283	1287,9
Ethyl salicylat	1280	1293,5
Dihydroedulan II	1300	1322,9
Dihydroedulan I	1292	1329,6
Hexyl tiglat	1331	1333,4
Methyl anisat	1340	1350,4
(Z)-3-Hexenyl hexanoat	1381	1383,7
β -Damascenon	1386	1410,9
(Z)-Jasmon	1404	1424,6
β -Caryophyllen	1467	1466,3
(E,E)- α -Farnesen	1516	1517,6
δ - Cadinen	[1214]	1557,8
3-Z-Hexenyl benzoat	1581	1596,5
Hexyl benzoat	1595,76	1600,4
Heptadecen	1700	1700,7
Nonadecan	1900	1900,6

Tabelle 21: Bestimmung der Retentionsindices vom Tattin

Verbindung Rubin	HP5	RI berechnet
4-Methyl-1,3-pentadien		645,1
3-Methylbutanal	656	659,0
2-Methylbutanal	664	668,9
1 -Penten-3-ol	686	686,3
Pentanal	701	701,2
3-Hydroxy-2-butanon (Acetoin)	718	718,8
3-Methyl-1-butanol	736	737,0
2-Methyl-1-butanol	739	740,9
2-Methyl-2-Butenal (tiglad-aldehyd)	749	748,3
Pentanol	767	767,8
(Z)-2-Pentenol	767	771,3
n-Hexanal	801	800,5
2-Furancarboxaldehyde (Furfural)	836	837,3
Ethylisovalerat	852	852,8
(E)-2-Hexenal	854	856,1
(Z)-3-Hexenol	858	857,2
Hexanol	867	867,2
Angelica lacton (5-methyl-2(3H)-Furanon)	901	873,2
n-Heptanal	903	902,6
(E,E)-2,4-Hexadienal	910	913,2
Dihydro-2(3H)-Furanon	918	918,7
1-Heptanol	968	968,3
Benzaldehyd	971	973,9
1-Octen-3-ol	979	979,4

6-Methyl-5-hepten-2-on	987	988,0
Myrcen	992	993,9
(E)-3-Hexenyl acetat	1004	1005,1
Hexyl acetat	1008	1010,0
α -Phellandren	1014	1017,8
α -Terpinen	1022	1030,1
p-Cymen	1034	1037,9
(Z)- β -Ocimen	1039	1039,9
Benzyl alcohol	1041	1043,3
β -Phellandren	1043	1046,7
(E)- β -Ocimen	1051	1052,1
Phenylacetaldehyd	1057	1057,7
δ -2-Caren	1012	1062,1
γ -Terpinen	1074	1071,4
Epoxylinolol	[767]	1085,6
Linalooloxid	1088	1100,5
Linalool	1100	1106,3
Hotrienol	[1101]	1110,5
(Z)-Rosenoxid	[1109]	1120,9
allo-Ocimen	1134	1135,0
(E)-Rosenoxid	1140	1140,9
Neo-alloocimen	1149	1150,5
Neroloxid	[1131]	1165,2
Nonanol	1171	1171,7
Linalooloxid pyranoid	1174	1186,4
α -Terpineol	1195	1210,8
Methyl salicylat	[1234]	1218,1
Citronellol	1233	1231,5
(Z)-3-Hexenyl- α -Methylbutyrat	1231	1235,1
Nerol	1233	1237,9
Neral	1247	1253,8
Geraniol	1259	1259,9
Citral	[1254]	1280,8
Ethyl salicylat	1280	1293,1
Dihydroedulan II	1300	1322,8
Dihydroedulan I	1292	1329,4
Hexyl tiglat	1331	1333,5
Methyl anisat	1340	1350,3
β -Damascenon	1386	1410,9
(Z)-Jasmon	1404	1424,5
Pentadecan	1500	1499,9
(E,E)- α -Farnesen	1516	1517,5

α -Muurolen	1530	1535,6
δ - Cadinen	[1214]	1558,0
3-Z-Hexenyl benzoat	1581	1596,4
Hexyl benzoat	1595,76	1600,5
8-Heptadecen	1677	1685,1
Heptadecen	1700	1700,3

Tabelle 22: Bestimmung der Retentionsindices vom Rubin

Verbindung Haschberg	HP5	RI berechnet
4-Methyl-1,3-pentadien		645,1
3-Methylbutanal	656	659,0
2-Methylbutanal	664	669,1
Pentanal	701	701,2
3-Hydroxy-2-butanon (Acetoin)	718	718,8
3-Methyl-1-butanol	736	737,0
2-Methyl-1-butanol	739	740,9
2-Methyl-2-Butenal (tiglad-aldehyd)	749	748,3
(E)-2-pentenal	754	758,7
Pentanol	767	767,8
n-Hexanal	801	800,5
2-Furancarboxaldehyde (Furfural)	836	837,3
(E)-2-Hexenal	854	855,9
(Z)-3-Hexenol	858	857,2
Hexanol	867	867,2
Angelica lacton (5-methyl-2(3H)-Furanon)	901	873,2
n-Heptanal	903	902,6
(E,E)-2,4-Hexadienal	910	913,4
Dihydro-2(3H)-Furanon	918	918,7
1-Heptanol	968	968,3
Benzaldehyd	971	974,2
1-Octen-3-ol	979	979,3
6-Methyl-5-hepten-2-on	987	988,0
Myrcen	992	993,8
(E)-3-Hexenyl acetat	1004	1005,1
α -Phellandren	1014	1017,8
α -Terpinen	1022	1029,8
p-Cymen	1034	1037,9
(Z)- β -Ocimen	1039	1039,9
Benzyl alcohol	1041	1043,0
β -Phellandren	1043	1046,7
(E)- β -Ocimen	1051	1052,0
Phenylacetaldehyd	1057	1057,9
Octanol	1071	1069,9

Epoxylinol	[767]	1085,6
Linalooloxid	1088	1100,5
Linalool	1100	1104,7
Nonanal	1108	1108,1
Hotrienol	[1101]	1109,9
(Z)-Rosenoxid	[1109]	1120,7
p-Mentha-1,5,8-trien	1115	1129,3
allo-Ocimen	1134	1134,8
(E)-Rosenoxid	1140	1140,3
Neo-alloocimen	1149	1150,2
Neroloxid	[1131]	1164,9
Linalooloxid pyranoid	1174	1186,4
α -Terpineol	1195	1211,1
Methyl salicylat	[1234]	1218,1
Citronellol	1233	1231,5
(Z)-3-Hexenyl- α -Methylbutyrat	1231	1235,1
Nerol	1233	1237,9
Neral	1247	1254,0
Geraniol	1259	1259,9
Isogeraniol	[1464]	1270,0
Citral	[1254]	1280,8
α -Terpineolen	1090	1284,8
Ethyl salicylat	1280	1293,4
Dihydroedulan II	1300	1322,8
Dihydroedulan I	1292	1329,6
Hexyl tiglat	1331	1333,3
Methyl anisat	1340	1350,3
Citronllyl acetat	1353	1354,2
Eugenol	1378	1378,3
β -Damascenon	1386	1410,6
(Z)-Jasmon	1404	1425,1
o-Cymen	1023	1447,2
β -Caryophyllen	1467	1466,4
Pentadecan	1500	1500,2
δ -Amorphen	1512	1513,9
(E,E)- α -Farnesen	1516	1517,2
δ -Cadinen	[1214]	1557,6
3-Z-Hexenyl benzoat	1581	1596,7
8-Heptadecen	1677	1684,3
Heptadecen	1700	1700,3
Nonadecan	1900	1900,6

Tabelle 23: Bestimmung der Retentionsindices vom Haschberg

Verbindung KlonB	HP5	RI berechnet
4-Methyl-1,3-pentadien		
3-Methylbutanal	656	659,0
2-Methylbutanal	664	668,9
Pentanal	701	701,2
3-Hydroxy-2-butanon (Acetoin)	718	720,1
3-Methyl-1-butanol	736	737,0
2-Methyl-1-butanol	739	740,9
2-Methyl-2-Butenal (tiglad-aldehyd)	749	748,3
Pentanol	767	767,8
(Z)-2-Pentenol	767	771,5
n-Hexanal	801	800,5
2-Furancarboxaldehyde (Furfural)	836	837,5
Ethylisovalerat	852	852,8
(E)-2-Hexenal	854	856,3
(Z)-3-Hexenol	858	857,3
Hexanol	867	867,2
Angelica lacton (5-methyl-2(3H)-Furanon)	901	873,2
n-Heptanal	903	902,6
(E,E)-2,4-Hexadienal	910	913,2
Dihydro-2(3H)-Furanon	918	918,9
5-Methyl-2(3H)-Furanon	945	944,2
1-Heptanol	968	968,3
Benzaldehyd	971	973,9
1-Octen-3-ol	979	979,3
6-Methyl-5-hepten-2-on	987	987,7
Myrcen	992	993,6
(E)-3-Hexenyl acetat	1004	1004,9
α -Phellandren	1014	1017,8
α -Terpinen	1022	1029,8
p-Cymen	1034	1037,6
(Z)- β -Ocimen	1039	1039,6
Benzyl alcohol	1041	1043,3
β -Phellandren	1043	1046,7
(E)- β -Ocimen	1051	1051,8
Benzen Acetaldehyd	1057	1057,9
γ -Terpinen	1060	1061,8
Octanol	1071	1070,1
Epoxylinolool	[767]	1085,6
Linalooloxid	1088	1100,5
Linalool	1100	1104,4
Nonanal	1108	1107,8

Hotrienol	[1101]	1109,7
(Z)-Rosenoxid	[1109]	1120,7
2-Methylbenzofuran	1109	1125,9
p-Mentha-1,5,8-trien	1115	1129,3
allo-Ocimen	1134	1134,6
(E)-Rosenoxid	1140	1140,3
Neo-alloocimen	1149	1150,0
Neroloxid	[1131]	1164,9
Nonanol	1171	1171,7
Linalooloxid pyranoid	1174	1186,0
α -Terpineol	1195	1210,8
Methyl salicylat	[1234]	1218,1
Citronellol	1233	1231,5
(Z)-3-Hexenyl- α -Methylbutyrat	1231	1235,1
Nerol	1233	1237,9
Neral	1247	1253,8
Geraniol	1259	1259,9
Citral	[1254]	1280,6
α -Terpineolen	1090	1284,7
Ethyl salicylat	1280	1293,1
Dihydroedulan II	1300	1322,8
Dihydroedulan I	1292	1329,4
Hexyl tiglat	1331	1333,3
Methyl anisat	1340	1350,0
Citronllyl acetat	1353	1353,9
β -Damascenon	1386	1410,6
(Z)-Jasmon	1404	1424,1
β -Caryophyllen	1467	1466,1
Pentadecan	1500	1500,5
δ -Amorphen	1512	1513,9
(E,E)- α -Farnesen	1516	1517,2
α -Muurolen	1530	1535,2
δ -Cadinen	[1214]	1557,6
3-Z-Hexenyl benzoat	1581	1596,4
Hexyl benzoat	1595,76	1600,1
8-Heptadecen	1677	1682,8
Heptadecen	1700	1700,3
Nonadecan	1900	1900,6

Tabelle 24: Bestimmung der Retentionsindices vom Klon B

Verbindung Klon 311	HP5	RI berechnet
4-Methyl-1,3-pentadien		644,9
3-Methylbutanal	656	659,0
2-Methylbutanal	664	668,9
1-Penten-3-on	684	690,1
Pentanal	701	701,0
3-Methyl-1-butanol	736	736,8
2-Methyl-1-butanol	739	740,7
2-Methyl-2-Butenal (tiglad-aldehyd)	749	748,1
Dimethyldisulfide	750	753,7
Pentanol	767	767,6
n-Hexanal	801	800,5
2-Furancarboxaldehyde (Furfural)	836	837,3
(E)-2-Hexenal	854	855,9
(Z)-3-Hexenol	858	857,3
Hexanol	867	867,2
Angelica lacton (5-methyl-2(3H)-Furanon)	901	873,2
n-Heptanal	903	902,6
(E,E)-2,4-Hexadienal	910	913,2
5-Methyl-2(3H)-Furanon	945	944,2
1-Heptanol	968	968,1
Benzaldehyd	971	973,9
1-Octen-3-ol	979	979,3
6-Methyl-5-hepten-2-on	987	987,7
Myrcen	992	993,8
(E)-3-Hexenyl acetat	1004	1004,9
Hexyl acetat	1008	1010,0
α -Phellandren	1014	1017,6
α -Terpinen	1022	1029,8
p-Cymen	1034	1037,6
(Z)- β -Ocimen	1039	1039,6
Benzyl alcohol	1041	1043,3
β -Phellandren	1043	1046,7
(E)- β -Ocimen	1051	1052,0
Phenylacetaldehyd	1057	1057,7
Octanol	1071	1070,1
(E)-Dihydro-rosenoxid	1075	1075,3
Eoxylinalool	[767]	1085,6
Linalooloxid	1088	1100,5
Linalool	1100	1104,7
Nonanal	1108	1108,1
Hotrienol	[1101]	1110,2

(Z)-Rosenoxid	[1109]	1121,2
2-Methylbenzofuran	1109	1125,9
p-Mentha-1,5,8-trien	1115	1129,3
allo-Ocimen	1134	1134,8
(E)-Rosenoxid	1140	1140,8
Neo-alloocimen	1149	1150,2
Citronellal	1159	1159,7
Neroloxid	[1131]	1164,9
Nonanol	1171	1171,7
Linalooloxid pyranoid	1174	1186,0
α -Terpineol	1195	1210,6
Methyl salicylat	[1234]	1218,1
Citronellol	1233	1231,5
Nerol	1233	1237,6
Neral	1247	1254,0
Geraniol	1259	1259,7
Isogeraniol	[1464]	1269,4
p-Anisaldehyd	1275	1278,6
Citral	[1254]	1280,6
Ethyl salicylat	1280	1293,4
Dihydroedulan II	1300	1322,8
Dihydroedulan I	1292	1329,4
Methyl anisat	1340	1350,3
β -Damascenon	1386	1410,9
(Z)-Jasmon	1404	1424,5
o-Cymen	1023	1446,8
(E,E)- α -Farnesen	1516	1516,9
δ -Cadinen	[1214]	1557,6
(Z)-Calamen	1566	1564,7
3-Z-Hexenyl benzoat	1581	1597,1
8-Heptadecen	1677	1684,6
Heptadecen	1700	1700,3
2,3-Dihydro-1,1,3-trimethyl-3-phenyl-1H-Inden	1716	1773,0
Nonadecan	1900	1900,6

Tabelle 25: Bestimmung der Retentionsindices vom Klon 311

Verbindung Klon 25	HP5	RI berechnet
4-Methyl-1,3-pentadien		645,1
3-Methylbutanal	656	659,0
2-Methylbutanal	664	668,9
1-Penten-3-ol	686	686,3
1-Penten-3-on	684	690,1
Pentanal	701	701,2

3-Hydroxy-2-butanon (Acetoin)	718	722,5
3-Methyl-1-butanol	736	736,8
2-Methyl-1-butanol	739	740,9
4-methyl-2-pentanon	741	743,7
2-Methyl-2-Butenal (tiglad-aldehyd)	749	748,1
(E)-2-pentalen	754	758,5
Pentanol	767	767,8
(Z)-2-Pentenol	767	771,3
n-Hexanal	801	800,2
2-Furancarboxaldehyde (Furfural)	836	837,6
Ethylisovalerat	852	852,8
(Z)-3-Hexenol	858	857,2
Hexanol	867	867,2
Angelica lacton (5-methyl-2(3H)-Furanon)	901	873,2
n-Heptanal	903	902,3
(E,E)-2,4-Hexadienal	910	913,4
Dihydro-2(3H)-Furanon	918	919,3
5-Methyl-2(3H)- Furanon	945	944,7
α -Pinen	942	948,1
1-Heptanol	968	968,1
Benzaldehyd	971	973,7
1-Octen-3-ol	979	979,6
6-Methyl-5-hepten-2-on	987	987,7
Myrcen	992	993,6
(E)-3-Hexenyl acetat	1004	1004,9
α -Phellandren	1014	1017,6
1,3,8-p-menthatrien	1108	1021,5
α -Terpinen	1022	1029,8
p-Cymen	1034	1037,9
(Z)- β -Ocimen	1039	1039,6
Benzyl alcohol	1041	1043,0
β -Phellandren	1043	1046,4
(E)- β -Ocimen	1051	1051,8
Phenylacetaldehyd	1057	1057,7
δ -2-Caren	1012	1062,1
γ -Terpinen	1074	1071,2
Epoxylinool	[767]	1085,6
Linalool	1100	1105,3
Hotrienol	[1101]	1110,2
(Z)-Rosenoxid	[1109]	1120,9
p-Mentha-1,5,8-trien	1115	1129,3
allo-Ocimen	1134	1134,8

(E)-Rosenoxid	1140	1140,5
Neo-alloocimen	1149	1150,2
Neroloxid	[1131]	1164,9
Linalooloxid pyranoid	1174	1185,8
α -Terpineol	1195	1210,8
Methyl salicylat	[1234]	1218,1
Citronellol	1233	1231,5
Nerol	1233	1237,6
Neral	1247	1253,6
Geraniol	1259	1259,9
Isogeraniol	[1464]	1269,4
Citral	[1254]	1280,6
Ethyl salicylat	1280	1293,4
Dihydroedulan II	1300	1322,5
Dihydroedulan I	1292	1329,1
Methyl anisat	1340	1350,0
Eugenol	1378	1378,4
β -Damascenon	1386	1410,9
(Z)-Jasmon	1404	1424,5
o-Cymen	1023	1446,9
β -Caryophyllen	1467	1466,1
Pentadecan	1500	1499,9
δ -Amorphen	1512	1513,6
(E,E)- α -Farnesen	1516	1516,9
D-Germacren	1487	1526,6
δ -Cadinen	[1214]	1557,6
(Z)-Calamen	1566	1564,1
α -Calacoren	1546	1586,7
3-Z-Hexenyl benzoat	1581	1596,4
Hexyl benzoat	1595,76	1599,8
8-Heptadecen	1677	1683,6
Heptadecen	1700	1700,0
2,3-Dihydro-1,1,3-trimethyl-3-phenyl-1H-Inden	1716	1772,6
Nonadecan	1900	1900,2

Tabelle 26: Bestimmung der Retentionsindices vom Klon 25

Verbindung Klon 13	HP5	RI berechnet
4-Methyl-1,3-pentadien		645,0
3-Methylbutanal	656	658,9
2-Methylbutanal	664	668,9
Pentanal	701	701,1
3-Hydroxy-2-butanon (Acetoin)	718	718,4
3-Methyl-1-butanol	736	736,9

2-Methyl-1-butanol	739	740,7
2-Methyl-2-Butenal (tiglad-aldehyd)	749	748,1
Dimethyldisulfide	750	753,5
(E)-2-pental	754	758,7
Pentanol	767	767,6
n-Hexanal	801	800,4
2-Furancarboxaldehyde (Furfural)	836	837,4
Ethylisovalerat	852	852,7
(Z)-3-Hexenol	858	857,2
Hexanol	867	867,0
Angelica lacton (5-methyl-2(3H)-Furanon)	901	873,1
n-Heptanal	903	902,3
(E,E)-2,4-Hexadienal	910	913,2
1-Heptanol	968	968,1
Benzaldehyd	971	973,8
1-Octen-3-ol	979	979,4
6-Methyl-5-hepten-2-on	987	987,9
Myrcen	992	993,8
(E)-3-Hexenyl acetat	1004	1005,0
α -Phellandren	1014	1017,8
α -Terpinen	1022	1030,0
p-Cymen	1034	1037,9
(Z)- β -Ocimen	1039	1039,6
Benzyl alcohol	1041	1043,0
β -Phellandren	1043	1046,4
(E)- β -Ocimen	1051	1051,9
Phenylacetaldehyd	1057	1057,7
δ -2-Caren	1012	1062,1
γ -Terpinen	1074	1071,4
Linalooloxid	1088	1100,5
Linalool	1100	1104,4
Hotrienol	[1101]	1110,6
(Z)-Rosenoxid	[1109]	1121,0
p-Mentha-1,5,8-trien	1115	1129,3
allo-Ocimen	1134	1134,8
(E)-Rosenoxid	1140	1140,5
Neo-alloocimen	1149	1150,2
Neroloxid	[1131]	1164,9
Linalooloxid pyranoid	1174	1186,0
α -Terpineol	1195	1211,0
Methyl salicylat	[1234]	1218,2
Citronellol	1233	1231,3

(Z)-3-Hexenyl- α -Methylbutyrat	1231	1235,1
Nerol	1233	1237,6
Neral	1247	1253,7
Geraniol	1259	1259,8
Isogeraniol	[1464]	1269,6
Citral	[1254]	1280,7
Ethyl salicylat	1280	1293,1
Dihydroedulan II	1300	1322,7
Hexyl tiglat	1331	1333,0
Methyl anisat	1340	1350,0
β -Damascenon	1386	1410,8
(Z)-Jasmon	1404	1424,3
Pentadecan	1500	1499,7
(E,E)- α -Farnesen	1516	1517,4
δ - Cadinen	[1214]	1557,6
3-Z-Hexenyl benzoat	1581	1596,4
Hexyl benzoat	1595,76	1600,2
8-Heptadecen	1677	1684,7
Heptadecen	1700	1700,1
2,3-Dihydro-1,1,3-trimethyl-3-phenyl-1H-Inden	1716	1772,6
Nonadecan	1900	1900,4

Tabelle 27: Bestimmung der Retentionsindices vom Klon13

Verbindung Wildholunder	HP5	RI berechnet
4-Methyl-1,3-pentadien		
3-Methylbutanal	656	658,9
2-Methylbutanal	664	668,9
Pentanal	701	701,0
3-Hydroxy-2-butanon (Acetoin)	718	722,7
3-Methyl-1-butanol	736	736,9
2-Methyl-1-butanol	739	740,8
2-Methyl-2-Butenal (tiglad-aldehyd)	749	748,2
Dimethyldisulfide	750	753,5
Pentanol	767	767,7
Methyl 2-Methylbutyrat	776	779,3
n-Hexanal	801	800,4
Ethyl-2-Methylbutyrat	850	850,2
Ethylisovalerat	852	852,7
(E)-2-Hexenal	854	855,7
(Z)-3-Hexenol	858	857,0
Hexanol	867	867,1
n-Heptanal	903	902,4

Ethyl tiglat	939	939,7
1-Heptanol	968	968,3
Benzaldehyd	971	973,9
1-Octen-3-ol	979	979,1
6-Methyl-5-hepten-2-on	987	987,8
Dimethyl Trisulfide	993	990,1
Myrcen	992	993,6
Methyl-2-Hydroxy-3-Methyl-pentanoate	965	998,1
(E)-3-Hexenyl acetat	1004	1004,8
Hexyl acetat	1008	1010,0
α -Phellandren	1014	1017,4
p-Cymen	1034	1037,5
(Z)- β -Ocimen	1039	1039,6
Benzyl alcohol	1041	1043,5
(E)- β -Ocimen	1051	1051,8
Octanol	1071	1069,9
Epoxylinolool	[767]	1085,3
Linalooloxid	1088	1100,5
Linalool	1100	1104,1
Nonanal	1108	1107,7
(Z)-Rosenoxid	[1109]	1120,5
p-Mentha-1,5,8-trien	1115	1129,1
allo-Ocimen	1134	1134,8
Z-3-Hexenyl acetat	1007	1143,7
Neo-alloocimen	1149	1150,0
Neroloxid	[1131]	1164,7
Nonanol	1171	1171,6
Linalooloxid pyranoid	1174	1186,0
Methyl salicylat	[1234]	1217,9
Citronellol	1233	1231,2
(Z)-3-Hexenyl- α -Methylbutyrat	1231	1235,0
Geraniol	1259	1260,2
Citral	[1254]	1280,8
(Z)-Methyl geranat	1283	1287,9
Dihydroedulan II	1300	1322,7
Dihydroedulan I	1292	1329,3
Hexyl tiglat	1331	1333,0
Methyl anisat	1340	1350,2
β -Damascenon	1386	1410,8
β -Caryophyllen	1467	1466,3
Pentadecan	1500	1500,1
(E,E)- α -Farnesen	1516	1516,9

δ - Cadinen	[1214]	1557,6
Hexyl benzoat	1595,76	1600,1
8-Heptadecen	1677	1683,5
Heptadecen	1700	1699,9
2,3-Dihydro-1,1,3-trimethyl-3-phenyl-1H-Inden	1716	1772,7

Tabelle 28: Bestimmung der Retentionsindices vom Wildholunder

Wie man aus den oben dargestellten Tabellen kann, stimmen bei vielen Verbindungen die berechneten Retentionsindizes mit denen der Literatur und den Datenbanken überein. Bei anderen hingegen kommt es zu leichten Abweichungen, die jedoch bis zu einer bestimmten Grenze toleriert werden können (± 10), da beispielsweise die Messbedingungen variieren oder die Messungen aus der Literatur nicht unter optimalen Bedingungen erfolgten. Diese Abweichungen können entstehen, da die Spektrenbibliothek, in diesem Fall „Wiley7Nist“ lediglich nach den besten Übereinstimmungen in den Massenspektren sucht, und wenn Verbindungen aber coeluiert erhält man jedoch kein einheitliches. Allerdings scheinen auch jene Verbindungen auf, bei denen die Vergleiche zwischen den berechneten und den Literaturwerten überhaupt nicht übereinstimmen (orange markiert). Beispiele dafür sind Epoxylinolol, δ - Cadinen, o-Cymen, α -Terpinolen, δ -3-Caren, Dihydroedulan I, Isogeraniol, Citral, 2,3-Dihydro-1,1,3-trimethyl-3-phenyl-1H-Inden, und noch ein paar weitere. Diese Verbindungen können somit ausgeschlossen werden.

Ein Vergleich mit den Literaturangaben, im Abschnitt 6.2 auf der Seite 35, zeigt, dass viele der identifizierten Verbindungen mit denen der Literatur übereinstimmen. Allerdings sind im Zuge dieser Arbeit auch viele neue Verbindungen, wie Dihydroedulan I, p-Cymen, Myrcen, 6-Methyl-5-hepten-2-on, Alloocimen und viele andere flüchtigen Verbindungen in den Holunderextrakten identifiziert worden. Wie auch die Verbindung 3,7-Dimethyl-1,5-octadien-3,7-diol, wobei es sich hierbei allerdings um eine Aromavorstufe handelt, die in Holunder auftritt⁷⁷ und somit keinen direkten Beitrag zum Aroma liefert. Jedoch kommt es auf Grund der hohen Reaktivität der Verbindung zu einem Abbau, woraus flüchtige Verbindungen resultieren. So stellt die Verbindung 3,7-Dimethyl-1,5-octadien-3,7-diol eine große potentielle Quelle für Hotrienol dar.⁷⁸

Die Verbindungen Campher, Hydroxylinolol, Terpinen-4-ol-Safranal, 1,1,6-TDN (Alterungsnote), 2-Phenylethanol, Limonen, Octanal die in den Literaturangaben von Kaack, Innerhofer, Siegmund und anderen Wissenschaftlern, in den Extrakten identifiziert wurden, konnten nicht festgestellt werden.

⁷⁷ Vgl. Eberhard R., Pfannhauser W., Analyse flüchtiger Inhaltsstoffe des Holunders, Zeitschrift für Lebensmitteluntersuchung und -Forschung A, Volume 181, Number 2, 97-100, 1985

⁷⁸ Vgl. Rocha S.M., Coelho E., Zrostlikova J., Delgadillo I., Coimbra M.A.: Comprehensive two-dimensional gas chromatography with time-of-flight mass spectrometry of monoterpenoids as a powerful tool for grape origin traceability; Journal of Chromatography A, 1161 (2007) 292–299

Diese Abweichungen lassen sich sowohl durch Unterschiede in den Probenvorbereitungstechniken, als auch durch den Einsatz von unterschiedlichen Holunderblütensorten erklären.

Aus der Sichtweise der instrumentellen- analytischen Methoden kann gesagt werden, dass die Wahl der Holunderblütensorte eine signifikante Rolle für die Aromagebung im Extrakt spielt.

Da nicht alle der obengenannten flüchtigen Verbindungen für die Ausbildung des charakteristischen Holunderaromas verantwortlich sind, wird mittels GC-Olfaktometrie versucht, die aromarelevanten Verbindungen in den einzelnen Holunderextrakten zu bestimmen. Damit kann herausgefunden werden, welche der Verbindungen das größte Aromapotential darstellen.

8.2.2 GC-Olfaktometrie

Eine sehr wichtige Methode, die zur Bestimmung von flüchtigen, geruchsaktiven Verbindungen herangezogen wird, ist die Gaschromatographie-Olfaktometrie, oder auch GCO genannt. Der Unterschied zur konventionellen GC-Analyse ist der, dass die menschliche Nase dabei als Detektor fungiert. Diese Technik wird heutzutage sehr oft als Kombination mit anderen instrumentell-analytischen Untersuchungsmethoden eingesetzt, wodurch geklärt werden kann, welche der flüchtigen Verbindungen in einem Aromaextrakt über eine Geruchsaktivität verfügen und welche nicht. Um die Signalintensitäten jedoch bewerten zu können, erstellt man aus den gesammelten Ergebnissen der Prüfpersonen, die übereinander gelegt werden, anschließend eine „Detection Frequency“.⁷⁹ Dadurch können Gemeinsamkeiten miteinander verglichen werden.

Damit geklärt werden konnte welche der Verbindungen das größte Aromapotential, und somit Einfluss auf das Holunderblütenaroma haben, wurde ein GC-SNIF („Surface Nasal Impact Frequency“)⁸⁰ durchgeführt. Dabei wurden sieben Verdünnungsschritte (200ng, 100ng, 50ng, 25ng, 10ng, 5ng, 1ng) der sieben sortenreinen Holunderextrakte (Hamburg, Sämling; K14, Klon 17, Haschberg, Rubin, Klon 25) von drei Personen abgerochen. Anschließend können die Ergebnisse übereinander gelagert werden und graphisch dargestellt werden. Dadurch konnte Aufschluss über die sensorische Relevanz einzelner geruchsaktiver Verbindungen in den Holunderextrakten gegeben werden.

⁷⁹ Vgl. ebenda Habilitationsschrift Siegmund B.

⁸⁰ Vgl. van Ruth, Biomolecular Engineering, 2001(17), 121-128; (zit. nach Leitner E., Die Sensorik von Wein, Österreichische Lebensmittelchemiker Tage 2008)

Die Holunderblütenextrakte konnten mittels HS-SPME-GC-FID gemessen werden und die daraus resultierenden Retentionszeiten wurden über die homologe Reihe der Alkane interpoliert (siehe Kapitel 5) und lieferten die berechneten Retentionsindizes.

In den unten stehenden Abbildungen 51 - 57 sind die Verbindungen der einzelnen Extrakte mit der höchsten sensorischen Relevanz dargestellt. Diese GC-Olfaktogramme zeigen, dass sich in die Muster nicht sonderlich in ihrer Abfolge, sondern in der Intensität der %SNIF-Werte unterscheiden.

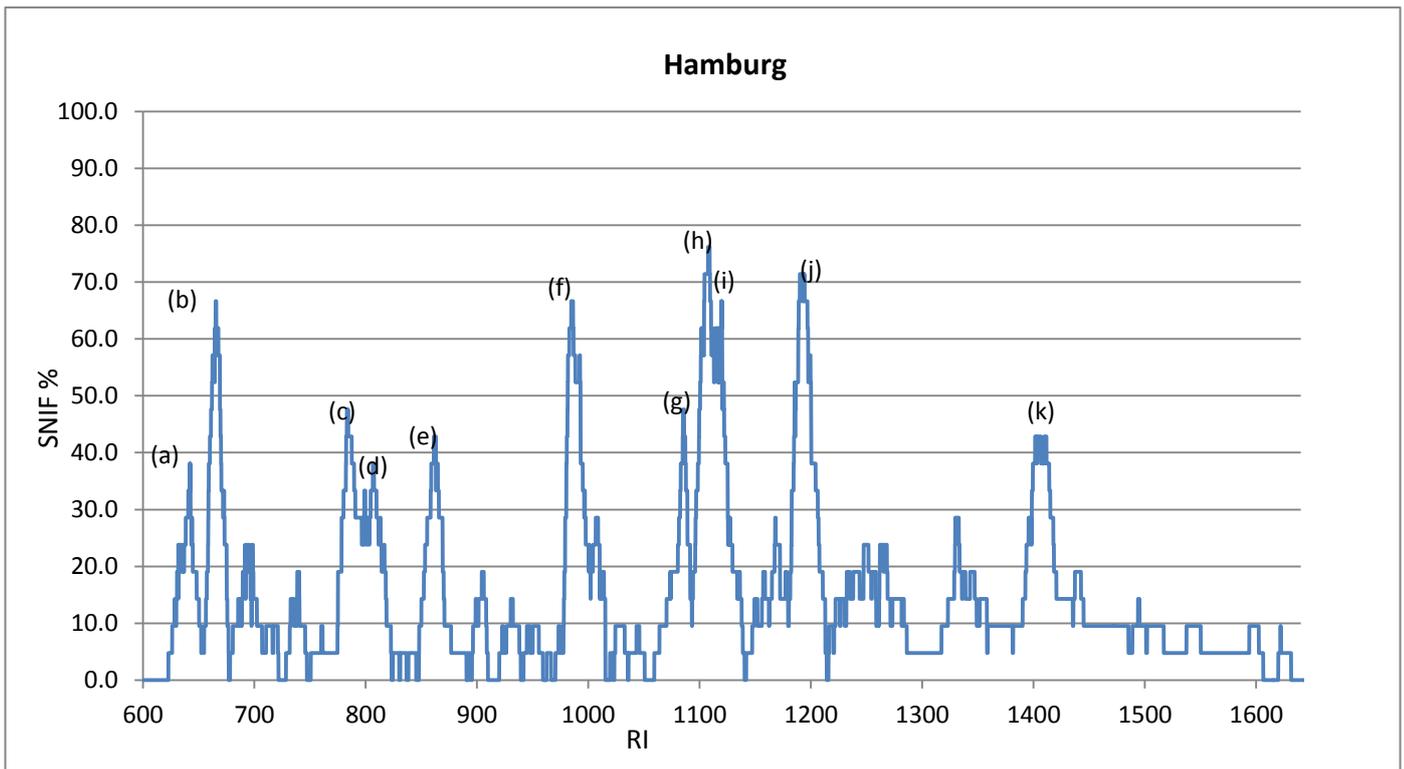


Abbildung 51: GC-Olfaktogramm von Hamburg (a) 4-Methyl-1,3-pentadien, (b) 2-Methylbutanal, (c) Gras, herb,ölig (d) frisch, zitrusartig (e) E-2-Hexenal, (f) 6-Methyl-5-hepten-2-on, (g) Linalooloxid, (h) Linalool, (i) Rosenoxid, (j) α -Terpineol, (k) β -Damascenon

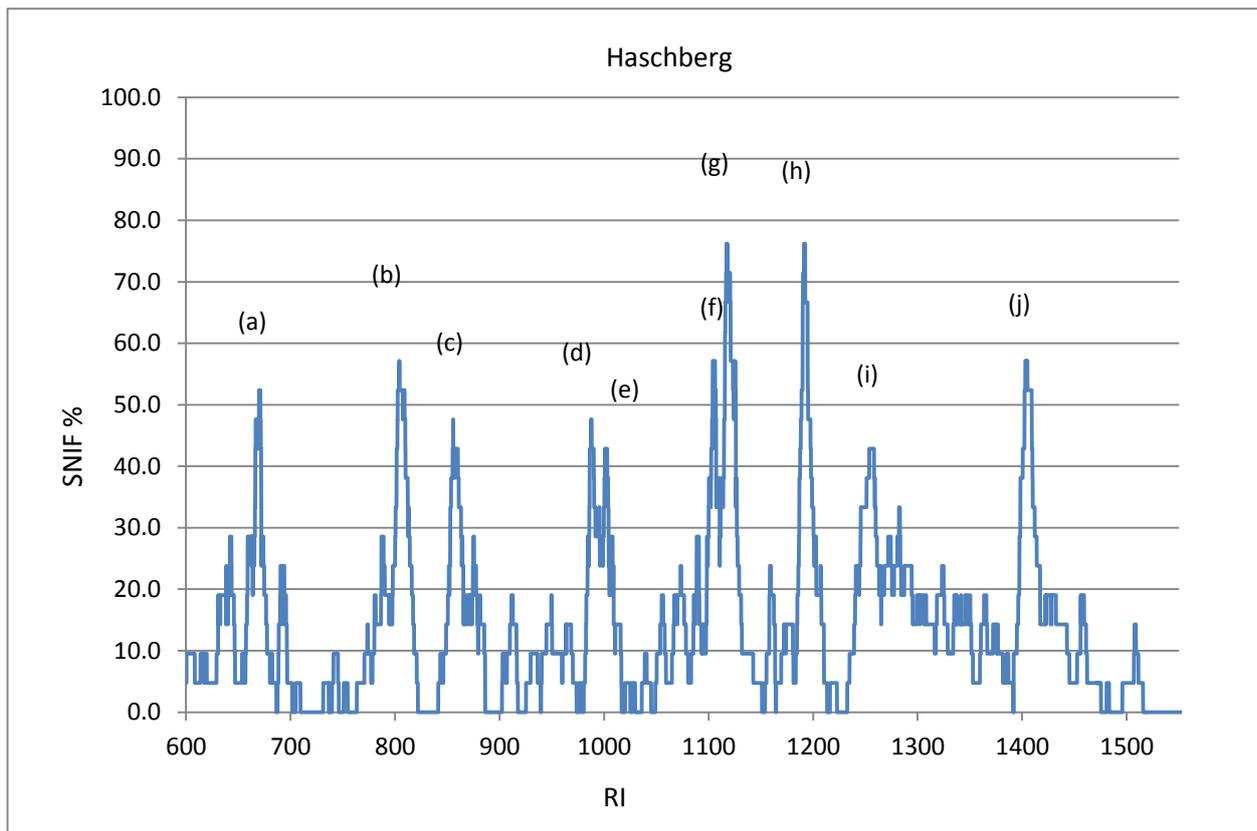


Abbildung 52: GC-Olfaktogramm von Haschberg (a) 2-Methylbutanal, (b) Gras, herb,ölig, (c) (E)-2-Hexenal, (d) 6-Methyl-5-hepten-2-on, (e) (E)-3-Hexenyl acetat, (f) Linalool, (g) Rosenoxid, (h) α -Terpineol, (i) Geraniol, (j) β -Damascenon

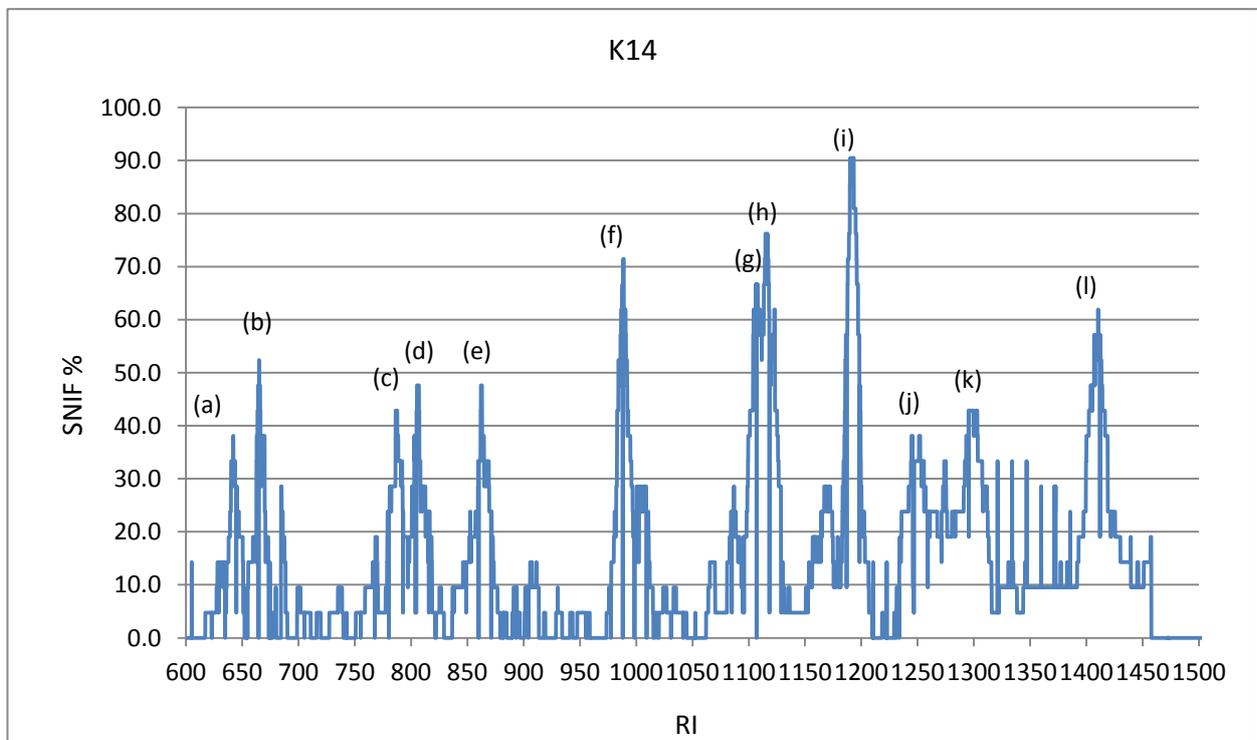


Abbildung 53: GC-Olfaktogramm von Klon 14 (a) 4-Methyl-1,3-pentadien, (b) 2-Methylbutanal, (c) Gras, herb,ölig (d) frisch, zitrusartig (e) E)-2-Hexenal, (f) 6-Methyl-5-hepten-2-on, (g) Linalool, (h) Rosenoxid, (i) α -Terpineol (j) Neral, (k) Dihydroedulan II, (l) β -Damascenon

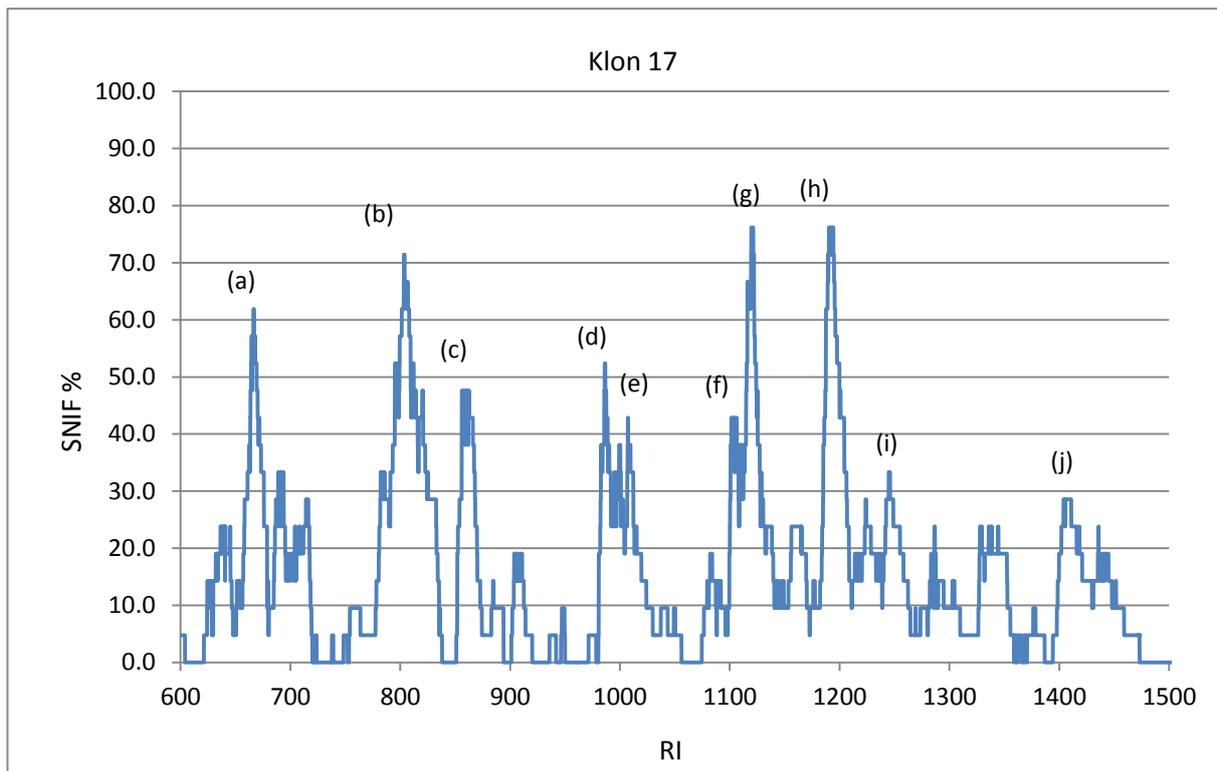


Abbildung 54: GC-Olfaktogramm von Klon 17 (a) 2-Methylbutanal, (b) Gras, herb,ölig, (c) (E)-2-Hexenal, (d) 6-Methyl-5-hepten-2-on, (e) (E)-3-Hexenyl acetat, (f) Linalool, (g) Rosenoxid, (h) α -Terpineol, (i) Neral, (j) β -Damascenon

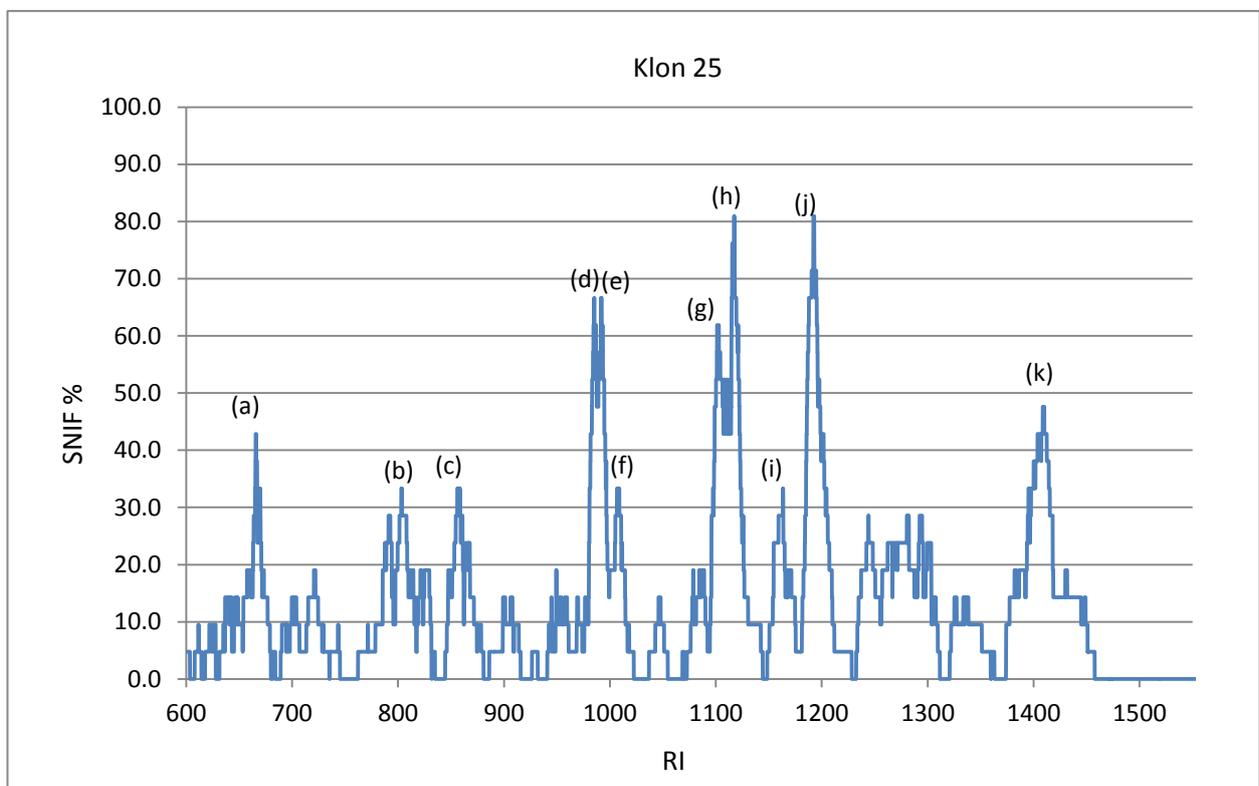


Abbildung 55: GC-Olfaktogramm von Klon 25 (a) 2-Methylbutanal, (b) frisch, zitrusartig, (c) (E)-2-Hexenal, (d) 6-Methyl-5-hepten-2-on, (e) Myrcen, (f) (E)-3-Hexenyl acetat, (g) Linalool, (h) Rosenoxid, (i) Linalooloxid (pyranoid), (j) α -Terpineol, (k) β -Damascenon

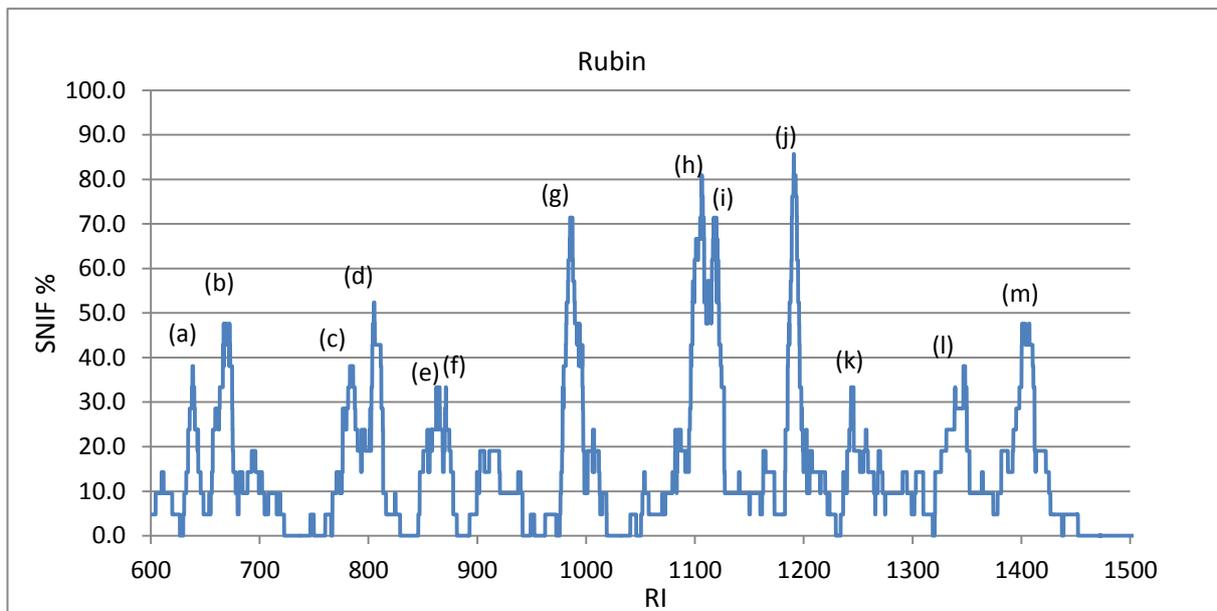


Abbildung 56: Rubin (a) 4-Methyl-1,3-pentadien, (b) 2-Methylbutanal, (c) Gras, herb, ölig (d) frisch, zitrusartig (e) (Z)-3-Hexenol, (f) Hexanol, (g) 6-Methyl-5-hepten-2-on, (h) Linalool, (i) Rosenoxid, (j) α -Terpineol, (k) Neral, (l) Methyl anisat, (m) β -Damascenon

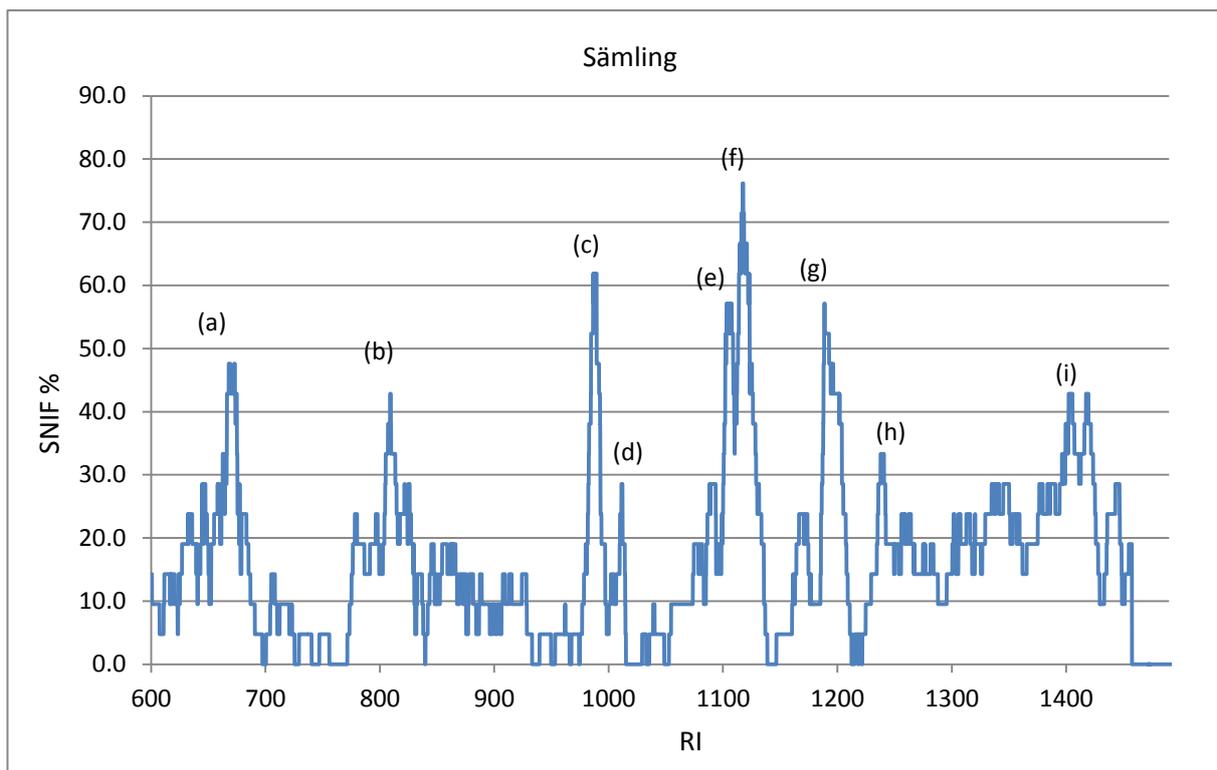


Abbildung 57: GC-Olfaktogramm von Sämling (a) 2-Methylbutanal, (b) frisch, zitrusartig, (c) 6-Methyl-5-hepten-2-on, (d) (E)-3-Hexenyl acetat, (e) Linalool, (f) Rosenoxid, (g) α -Terpineol, (h) Neral, (i) β -Damascenon

Durch den Vergleich der berechneten Retentionsindizes mit jenen aus der Literatur und den Geruchsbeschreibungen für die einzelnen Signale konnten die Verbindungen bestimmt werden. Demnach besitzen die Verbindungen Linalool, Rosenoxid, 6-Methyl-5-hepten-2-on und 2-

Um Aussagen zu können, ob die Holunderblütenextrakte mit den Blütendaten übereinstimmen, wurde auch in diesem Fall eine Hauptkomponentenanalyse durchgeführt, die in der Abbildung 59 veranschaulicht wird.

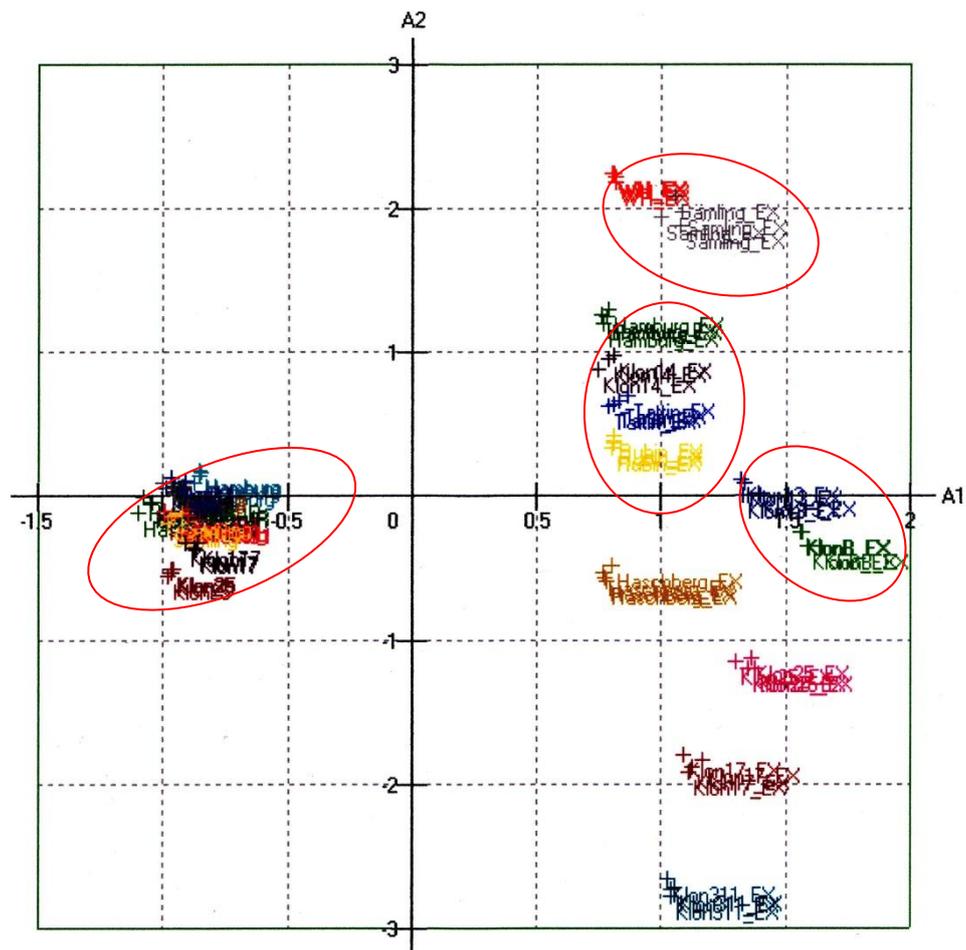


Abbildung 59: Datenauswertung der Extrakte und Blüten mittels „masstat“ (Blüten befinden sich alle auf der linken Seite innerhalb der markierten Gruppe; die Blütenextrakte sind auf der rechten Seite abgebildet)

Demnach sind die Unterschiede innerhalb der unterschiedlichen Blütensorten so gering, dass diese nicht eindeutig klassifiziert werden können. Die Aufteilung der Extrakte zeigt wiederum, dass die Unterschiede im Aroma durch die Probenvorbereitung stärker ausgeprägt werden oder dass es vermutlich zu einer Aufkonzentrierung während der Extraktzubereitung kommt. Das bedeutet allerdings nicht, dass die Holunderblütenextrakte weniger des charakterischen Holunderaromas aufweisen, sondern dass es im Zuge der Verarbeitung zu zahlreichen Umlagerungsreaktionen oder auch enzymatisch katalysierten Reaktionen der einzelnen Verbindungen gekommen ist, was auch durch den Vergleich der Aromastoffe der Holunderblüten mit denen der Extrakte, nur bekräftigt werden kann.

9 Zusammenfassung

Holunderblüten enthalten zahlreiche unterschiedlicher Verbindungen, die in den Pflanzen durch natürliche Stoffwechselwege, wie Fettsäureabbau, Shikimatweg, oder durch Herstellung von sekundären Pflanzenstoffen, gebildet werden. Bei einer Vielzahl von ihnen, handelt es sich jedoch um äußerst geruchsaktive, flüchtige Verbindungen (Aromastoffe), die durch ein komplexes Zusammenspiel für die Bildung des typischen Holunderblütenaromas, das an leicht zitrusartige und blumige Noten erinnern lässt, verantwortlich sind.

Da das Aroma der Blüten für die Herstellung unterschiedlicher Produkte von steigendem Interesse ist, sollte im Zuge dieser Arbeit die Aromastoffe von nativen Holunderblüten und in weiterer Folge in Blütenextrakten, sowohl durch instrumentell-analytischer Methoden und als auch durch Einsetzen von sensorischer Methoden mittels Expertenpanel untersucht werden.

Aus diesem Grund wurden zu Beginn, elf kultivierte Holundersorten aus dem Versuchsgarten der Südoststeiermark, einer Wildform aus Feldbach sowie einer weiteren Ertragsorte aus Gleichenberg, durch Erstellung deren Aromaprofile, mittels Anreicherung einer Headspace Solid Phase Microextraction (HS-SPME) und anschließender Trennung durch Gaschromatographie-Massenspektroskopie, miteinander verglichen werden. Anhand dieser Untersuchungen konnte bestätigt werden, dass das Aroma einer Holundersorte, vom Standort unabhängig ist.

Aufgrund der stark beschränkten Lagerfähigkeit der Blüten mussten sortenreine Blütenextrakte hergestellt werden, die im Hinblick der Aromastoffe und deren sensorischen Eigenschaften mit unterschiedlichen Methoden der Aromastoffanalytik und der Lebensmittelsensorik untersucht wurden. Im Zuge dessen, konnten auch technologische Aspekte, wie die Veränderung des Aromas durch die Extraktionsdauer sowie der Einflüsse von Zusatzstoffen, erforscht werden. So kann gesagt werden, dass die Prüfpersonen die verschiedenen Holunderblütenextrakte sehr wohl voneinander unterscheiden können. Weiters haben die Zusatzstoffe, Zucker und Zitronensäure, vor allem aber die eingesetzte Mengen, große Auswirkungen auf die Aromausprägung. Demnach wirkt eine zu große Zuckermenge auf die Ausbildung des Holunderaromas eher kontraproduktiv. Hingegen ist der Einsatz von Zitronensäure unbedingt erforderlich, da diese als Konservierungsmittel fungiert und somit die holundertypischen Aromen während der Extraktion auch beibehält. Und auch die Extraktionsdauer ist von entscheidender Bedeutung. So ist es demnach sinnvoll, bei einer Verwendung von wenigen Blütenmengen die Extraktionsdauer auf drei Tage auszuweiten, wohingegen man bei einer hohen Blütenmenge die Dauer der Extraktion auf einem Tag beschränken sollte. Außerdem kann durch Zusatz von Enzymen (Vegazym M) das Holunderaroma gut, über die Dauer von ein paar wenigen Tagen, stabilisiert werden. Im Zuge dieser Arbeit konnten zahlreiche sensorische Untersuchungen

durchgeführt werden. Es stellte sich heraus, dass obwohl die Unterschiede zwischen den sortenreinen Extrakten sehr gering sind, für die Prüfer jedoch geruchlich wahrnehmbar und differenzierbar sind. Allerdings ist es nicht möglich die Intensitäten der einzelnen Attribute in den unterschiedlichen Holunderextrakten signifikant zu beurteilen, da die Abweichungen innerhalb der Prüfgruppe zu groß sind. Der Einsatz durch eine schnellere und sehr effiziente Methode, Projective Mapping, kann in diesem Fall Abhilfe schaffen. Allerdings stimmen die Ergebnisse der Projective Mapping Methode mit denen der QDA® nicht eindeutig überein. So wird im Fall der QDA® die Holundersorte Hamburg am ehesten mit dem Holunderaroma in Verbindung gebracht, aber auch die Sorte Haschberg wird trotz, ihrer stark ausgeprägten grünen und stängeligen Noten, mit dem Holleraroma korreliert. Bei der Projective-Mapping Methode werden allerdings die Extrakte Klon 14 und Klon 25 mit dem charakteristischen Aroma in Zusammenhang gebracht. Jedoch gibt es Übereinstimmungen bei den Sorten Klon B, Sämling, Haschberg und Klon 17. Diese Ergebnisse decken sich auch mit den Auswertungen der HS-SPME-GC-MS. So wird beispielsweise der Holunderextrakte Klon B in beiden sensorischen Untersuchungsmethoden als besonders floral und rosenartig beschrieben, und auch die Flächen der GC-MS-Auswertungen zeigen, dass die dafür verantwortlichen Verbindungen, (Z)- und (E)-Rosenoxid, in sehr großen Mengen vorliegen. Allerdings konnte keine quantitative Bestimmung der einzelnen Verbindungen erfolgen.

Im Zuge dieser Arbeit sind allerdings auch viele neue Verbindungen, wie Dihydroedulan I, p-Cymen, Myrcen, 6-Methyl-5-hepten-2-on, Alloocimen und viele andere flüchtigen Verbindungen in den Holunderextrakten identifiziert worden. Wie auch die Verbindung 3,7-Dimethyl-1,5-octadien-3,7-diol, wobei es sich hierbei jedoch um eine Aromavorstufe handelt, die zwar im Holunder vorkommt aber keinen direkten Beitrag zum Aroma liefert. Jedoch kommt es auf Grund der hohen Reaktivität der Verbindung zu einem Abbau, woraus flüchtige Verbindungen resultieren. So stellt die Verbindung 3,7-Dimethyl-1,5-octadien-3,7-diol eine große potentielle Quelle für Hotrienol dar.

Um heraus zu finden, ob eine Korrelation zwischen der Ausbildung des charakteristischen Holundergeruchs und dem Auftreten bestimmter flüchtiger Verbindungen besteht, wurde mittels GC-Olfaktometrie versucht, die aromarelevanten Substanzen in den einzelnen Holunderextrakten zu bestimmen. Zusammenfassend kann gesagt werden, dass sich die sortenreinen Holunderblütenextrakte im Aroma ihrer Blüten deutlich unterscheiden lassen. Demnach sind für die Ausbildung des charakteristischen Holunderaromas die Alkohole und Aldehyde der C6-Reihe sowie dem 2-Methylbutanal, die für die grünen und frischen Noten verantwortlich sind, als auch die Verbindungen Linalool, Rosenoxid, 6-Methyl-5-hepten-2-on, α -Terpineol und β -Damascenon, die für blumige und fruchtige Noten bekannt sind, notwendig sind.

Literaturverzeichnis

- Vgl. Heiss, Andreas G.: Der Holler — ein Strauch, vor dem man den Hut ziehen sollte. Archäologisches, Volksmedizinisches, Mystisches und Kritisches zum Schwarzen Holler, Hollerbotanik durch die Jahrtausende; Online im WWW unter URL:[http://boku.academia.edu/AndreasGHeiss/Papers/1201393/Der_Holler - ein Strauch vor dem man den Hut ziehen sollte. Archaologisches Volksmedizinisches Mystisches und Kritisches zum Schwarzen Holler](http://boku.academia.edu/AndreasGHeiss/Papers/1201393/Der_Holler_-_ein_Strauch_vor_dem_man_den_Hut_ziehen_sollte_Archaologisches_Volksmedizinisches_Mystisches_und_Kritisches_zum_Schwarzen_Holler) [Stand 30.03.2012].
- Vgl. Wimmer, F. (1866); Theophrasti Eresii opera. Firmin Didot, Paris. (zit. nach: Heiss, Andreas G. vgl. ebenda)
- Vgl. Online im WWW unter URL: <http://www.lebensharmonie.ch/holunder.php> [02.04.2012]
- Vgl. Götzinger, E.: Reallexicon der Deutschen Altertümer. Leipzig 1885., S. 375-376.
- Online auch unter URL: <http://www.zeno.org/Goetzinger-1885/A/Heilige+B%C3%A4ume> [30.03.2012]
- Vgl. online im WWW unter URL: <http://www.botanikus.de/Botanik3/Ordnung/Holunder/holunder.html> [30.03.2012]
- Vgl. Genaust H., (2005): Etymologisches Wörterbuch der botanischen Pflanzennamen. (zit. nach: Heiss, Andreas G. vgl. ebenda (Seite 10)
- Vgl. Jan, L. Von; C. Plini Secundi Naturalis historiae libri XXXVII. Teubner: Leibnitz. (zit. nach: Heiss, Andreas G. vgl. ebenda (Seite 10)
- Vgl. Griesbacher A., Der Holunder, ein starker Strauch; Obst, Wein, Garten-Fachzeitschrift für Praktiker, Mai 2011, Nr. 5 (Seite 3-5)
- Vgl. Roschek B. Jr., Fink RC, McMichael MD, Li D, Alberte RS; Elderbeery flavonoids bind to and prevent H1N1 infection in vitro; Phytochemistry, 2009 Jul, 70(10): 1255-61 online im WWW unter: URL: http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19682714?ordinalpos=1&itool=EntrezSystem2.PEntrez.Pubmed.Pubmed_ResultsPanel.Pubmed_DefaultReportPanel.Pubmed_RVDocSum
- Vgl. Helga Buchter-Weisbrod; Holunder online im WWW unter: URL:http://www.pdfdownload.org/pdf2html/pdf2html.php?url=http%3A%2F%2Fwww.agroscope.admin.ch%2Fdata%2Fpublikationen%2Fwa_arb_03_pub_165_d.pdf&images=yes
- Vgl. Datenbank: United States Department of Agriculture; Agricultural Research Service, Beltsville Area; Germplasm Resources Information Network (GRIN) online im WWW unter URL: <http://www.ars-grin.gov/cgi-bin/npgs/html/splist.pl?10679>

- Vgl. Doerken, V.M; Jahrbuch Bochumer Botanischer Verein, 2; 2011 (258-265) online im WWW URL: <http://www.botanik-bochum.de/html/pflanzenbilder/Sambucus.htm> am [30.03.2012]
- W.Ternes, Naturwissenschaftliche Grundlage der Lebensmittelzubereitung, Behr's Verlag, Nachdruck 2011 der 3. Ausgabe von 2008; Seite 833-834
- Vgl. Bayrische Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau; Gartenakademie: Schwarzer Holunder (2011), Merkblatt 3157, online im WWW unter URL: http://www.lwg.bayern.de/gartenakademie/infoschriften/obst/linkurl_24.pdf [20.03.2012]
- Vgl. URL: http://www.heckipedia.at/mwiki/index.php?title=Schwarzer_Holunder_-_Sambucus_nigra [29.03.2012]
- Vgl. Walther E., Grebenstein: Bundesversuch Schwarzer Holunder Sortenvergleich, 2011, online im WWW unter der URL: http://www.pdfdownload.org/pdf2html/pdf2html.php?url=http%3A%2F%2Fwww.lwg.bayern.de%2Fgartenakademie%2Finfoschriften%2Fobst%2Flinkurl_0_6_0_3157.pdf&images=yes
- Vgl. Belitz, Grosch und Schieberle : Lehrbuch der Lebensmittelchemie (Seite: 346); 6. Auflage, Springer-Verlag
- Vgl. Siegmund B., Habilitationsschrift: Die sensorische Qualität von Fruchtsäften und – nektaren, 2008, Seite 41
- Vgl. Meilgaard et al. 1999 (zit. nach Siegmund B., Habilitationsschrift ebenda)
- Vgl. Deutsches Institut für Normung e. V. online unter WWW URL: www.din.de [15.04.2012]
- Vgl. Hildebrandt G.: Geschmackswelten-Grundlagen der Lebensmittelsensorik (2008); Busch-Stockfisch M., Über Geschmack lässt sich nicht streiten-Sensorische Analyse im Überblick, Seite 84.
- Vgl. Lawless H.T., Heymann H.: Sensory Evaluation of Food- Principles and Practices, 2nd edition, 2010, Seite 234
- Vgl. online im WWW unter URL: <http://www.sigmaaldrich.com/technical-documents/articles/reporter-us/bioanalysis-with-spme.html> am [10.04.2012]
- Vgl. Pawliszyn J. Solid Phase Microextraction-Theory and practise, 1997
- Vgl. Die Kombination analytischer und sensorischer Methoden zur Bestimmung geruchsaktiver Substanzen, Habilitationsschrift, UA DI Dr. Erich Leitner, Technische Universität Graz, 2003, 13-18; 45-46
- Vgl. Siegmund S., Leitner E., Innerhofer G., Pabi N.,: Vergleich des Blütenaromas verschiedener Holundersorten (Sambucus nigra L.) mit verschiedenen Techniken der Aromastoffanalytik, 2012, Lebensmittelchemikertage
- Vgl. Schewdt 1992; Poole et al. 1994 (zit. nach Siegmund B., Dissertation, Untersuchung und Optimierung der Aromaeigenschaften eines Convenience-Food Produktes, 1997, Seite 22).

- Vgl. van den Dool et al. 1963 (zit. nach Dissertation Siegmund B.: Untersuchung und Optimierung der Aromaeigenschaften eines Convenience Food Produktes, 1997)
- SKAF Datenbank, Institut für Analytische Chemie und Lebensmittelchemie, TU Graz
- Vgl. Toulemonde B., Richard H.: Volatile Constituents of Dry Elder Flowers; J. Agric. Food Chem. 1983, 31, (365-370)
- Vgl. Cordonnier, 1956; Stevens et al., 1966; Bayonove et al., 1976; (zit. nach Toulemonde B., Richard H.; siehe ebenda),
- Vgl. Innerhofer G., Siegmund B.: Aromakomponenten in Holunderblüten. *Haidegger Perspektiven*(2011/1) 6-7.
- Vgl. Prendergast H. D. V., Dennis F. : Superior merits of a troublesome weed- Elder in the 1990s. Br. Wildlife 1997, 8, 281-286 (zit. nach Jorgensen U., Hansen M., Christensen L.P, Jensen K. und Kaack K)
- Vgl. Kaack K.: Processing of aroma extracts from elder flower, Eur. Food Res. Technol. (2008), 227: 375-390
- Vgl. Eberhardt R., Pfannhauser W.: Analyse flüchtiger Inhaltsstoffe des Holunders. Mikrochim. Acta 1985a, 1, 55-67 (zit. nach Jorgensen U., Hansen M., Christensen L.P, Jensen K. und Kaack)
- Vgl. Breitmaier E.: Terpene- Aromen, Düfte, Pharmaka, Pheromone, 2005, Wiley-VCH-Verlag, Seite 59-110
- Diese Software kann man sich kostenlos unter der URL: <http://www.panelcheck.com/Home> downloaden und liefert alle möglichen statistischen Informationen [14.04.2012] Dieses Programm beruht auf dem Buch: Statistics for sensory and consumer sciences; Naes T., Brockhoff P., Tomic O., Wiley-Verlag
- Vgl. URL: www.flavornet.org, dabei handelt es sich um eine Zusammenstellung sämtlicher Messdaten von der Cornell University, USA
- Vgl. Eberhard R., Pfannhauser W., Analyse flüchtiger Inhaltsstoffe des Holunders, Zeitschrift für Lebensmitteluntersuchung und -Forschung A, Volume 181, Number 2, 97-100, 1985
- Vgl. Rocha S.M., Coelho E., Zrostlikova J., Delgadillo I., Coimbra M.A.: Comprehensive two-dimensional gas chromatography with time-of-flight mass spectrometry of monoterpenoids as a powerful tool for grape origin traceability; Journal of Chromatography A, 1161 (2007) 292–299
- Vgl. van Ruth, Biomolecular Engineering, 2001(17), 121-128; (zit. nach Leitner E., Die Sensorik von Wein, Österreichische Lebensmittelchemiker Tage 2008)

Abbildungsverzeichnis:

Abbildung 2: Borke eines Schwarzen Holunders; ©Foto: wurde freundlicherweise von Dr. Dörken, aus dem Jahrbuch des Bochumer Botanischen Vereins, zur Verfügung gestellt

Abbildung 2: weiße Mark vom Schwarzen Holunder

Abbildung 3: braune Mark vom Traubenholunder

©Fotos: wurde freundlicherweise von Dr. Dörken, aus dem Jahrbuch des Bochumer Botanischen Vereins, zur Verfügung gestellt

Abbildung 4: Blatt des Schwarzen Holunders, ©Foto: wurde freundlicherweise von MSc. Till Kasielke aus dem Jahrbuch des Bochumer Botanischen Vereins, zur Verfügung gestellt

Abbildung 5 und 6: Blütenaufnahme vom Schwarzen Holunder ©Fotos: wurde freundlicherweise von Dr. Jagel, aus dem Jahrbuch des Bochumer Botanischen Vereins, zur Verfügung gestellt.

Abbildung 7: dunkelrote Beeren

Abbildung 8: tiefschwarze Beeren

©Fotos: wurde freundlicherweise von Dr. Dörken, aus dem Jahrbuch des Bochumer Botanischen Vereins, zur Verfügung gestellt

Abbildung 9, 10, 11: Es soll die Änderung des Farbverlaufs im Laufe der Blattentwicklung gezeigt werden. ©Fotos: wurde freundlicherweise von Dr. Dörken, aus dem Jahrbuch des Bochumer Botanischen Vereins, zur Verfügung gestellt.

Abbildungen 12: Blüten des Roten Holunders

Abbildung 13: scharlachrote Früchte des Holunders

©Fotos: wurde freundlicherweise von Dr. Jagel, aus dem Jahrbuch des Bochumer Botanischen Vereins, zur Verfügung gestellt

Abbildung 14: zeigt einen Zwerg-Holunder ©Foto: wurde freundlicherweise von Dr. Dörken, aus dem Jahrbuch des Bochumer Botanischen Vereins, zur Verfügung gestellt

15: zeigt die Blätter von Zwerg- Holunder

Abbildung 16: zeigt die rosa-schimmernde Blüte eines Zwerg-Hol.

©Foto: wurde freundlicherweise von Dr. Dörken, aus dem Jahrbuch des Bochumer Botanischen Vereins, zur Verfügung gestellt

Abbildung 17: Schematische Darstellung der Anordnung von Proben bei Projective Mapping auf einem Blatt Papier

Abbildung 18: Schematische Darstellung einer SPME-Faser und Halterung von Supelco⁸¹

Abbildung 19: Differenzierung der Holundersorten mit und ohne Blütenstaub

Abbildung 20: gesammelten Blüten, die für die Extrakt- Herstellung der Vorversuche verwendet wurden

Abbildung 21: Rezeptur A

Abbildung 22: Rezeptur D

Abbildung 23: Rezeptur C

Abbildung 24: Rezeptur B

Abbildung 25: Rezeptur E

Abbildung 26: Rezeptur F

Abbildung 27: Spinnendiagramm von der Profilprüfung nach einem Extraktionstag
(Beurteilung nach Schulnoten 1: Sehr gut; 5 Nichtgenügend ausgeprägt)

Abbildung 28: Balkendiagramm von der Profilprüfung nach einem Extraktionstag
(Beurteilung nach Schulnoten 1: Sehr gut; 5 Nichtgenügend ausgeprägt)

Abbildung 29: Spinnendiagramm von der Profilprüfung nach dem dritten Extraktionstag
(Beurteilung nach Schulnoten 1: Sehr Gut; 5 Nicht Genügend ausgeprägt)

Abbildung 30: Balkendiagramm von der Profilprüfung nach dem dritten Extraktionstag
(Beurteilung nach Schulnoten 1: Sehr gut; 5 Nichtgenügend ausgeprägt)

Abbildung 31: Versuchsgarten in der Südoststeiermark

Abbildung 32: Darstellung der Quantitativ-deskriptiven-Beurteilung

Abbildung 33: Spinnendiagramm von der ersten Profilprüfung aller Holundextrakte
(0.. nicht wahrnehmbar..10..stark ausgeprägt)

Abbildung 34: Spinnendiagramm von der zweiten Profilprüfung aller Holundextrakte
(0.. nicht wahrnehmbar..10..stark ausgeprägt)

Abbildung 35: Balkendiagramm graphische Darstellung beider Wiederholungen
(Klon 17, Tattin, Sämling, Klon 14, Klon 311, Rubin)

Abbildung 36: Balkendiagramm graphische Darstellung beider Wiederholungen
(Hamburg, Haschberg, KlonB, Klon25, Wildholler, Klon13)

Abbildung 37: multivariate Datenauswertung der Extrakte

Abbildung 38 Durchführung Projective Mapping

Abbildung 39: Darstellung der Gläser bei der Projective Mapping-Methode

Abbildung 40: MFA Holunderblütenextrakte

Abbildung 41: Überlagerung vom Aromaprofil einer getrockneten und einer gekühlten Probe (schwarz: getrocknet, gelb: 5 Tage im Kühlraum bei $6^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$)

Abbildung 42: Überlagerung vom Aromaprofil einer tiefgefrorenen und einer gekühlten Holunderblütenprobe (schwarz: gekühlt, gelb: tiefgefroren)

Abbildung 43: kultivierter Holunderanbau in der Südoststeiermark

Abbildung 44: überlagerte Chromatogramm aller Holunderblütensorten

Abbildung 45: Vergleich der Sorte Klon 14 und des Wildholunders aus Feldbach.

Abbildung 46: Klon 17

Abbildung 47: Datenauswertung der kultivierten Holunderblüten mittels „masstat“.

Abbildung 48: Datenauswertung der Wildholundersorten mittels „masstat“.

Abbildung 49: Überlagerung der Aromaprofile aller Holunderblütenextrakte

Abbildung 50: Vergrößerung in dem Bereich 15.00- 16.40 sind folgende Verbindungen zu identifizieren: (a): Linalooloxid (furanoid), (b): Linalool, (c) : Hotrienol, (d): cis-Rosenoxid, (e): trans-Rosenoxid, (f): Neroloxid, (g): Linalooloxid (pyranoid)

Abbildung 51: GC-Olfaktogramm von Hamburg (a) 4-Methyl-1,3-pentadien, (b) 2-Methylbutanal, (c) Gras, herb,ölig (d) frisch, zitrusartig (e) E)-2-Hexenal, (f) 6-Methyl-5-hepten-2-on, (g) Linalooloxid, (h) Linalool, (i) Rosenoxid, (j) α -Terpineol, (k) β -Damascenon

Abbildung 52: GC-Olfaktogramm von Haschberg (a) 2-Methylbutanal, (b) Gras, herb,ölig, (c) (E)-2-Hexenal, (d) 6-Methyl-5-hepten-2-on, (e) (E)-3-Hexenyl acetat, (f) Linalool, (g) Rosenoxid, (h) α -Terpineol, (i) Geraniol, (j) β -Damascenon

Abbildung 53: GC-Olfaktogramm von Klon 14 (a) 4-Methyl-1,3-pentadien, (b) 2-Methylbutanal, (c) Gras, herb,ölig (d) frisch, zitrusartig (e) E)-2-Hexenal, (f) 6-Methyl-5-hepten-2-on, (g) Linalool, (h) Rosenoxid, (i) α -Terpineol (j)Neral, (k) Dihydroedulan II, (l) β -Damascenon

Abbildung 54: GC-Olfaktogramm von Klon 17 (a) 2-Methylbutanal, (b) Gras, herb,ölig, (c) (E)-2-Hexenal, (d) 6-Methyl-5-hepten-2-on, (e) (E)-3-Hexenyl acetat, (f) Linalool, (g) Rosenoxid, (h) α -Terpineol, (i) Neral (j) β -Damascenon

Abbildung 55: GC-Olfaktogramm von Klon 25 (a) 2-Methylbutanal, (b) frisch, zitrusartig, (c) (E)-2-Hexenal, (d) 6-Methyl-5-hepten-2-on, (e) Myrcen, (f) (E)-3-Hexenyl acetat, (g) Linalool, (h) Rosenoxid, (i) Linalooloxid (pyranoid), (j) α -Terpineol, (k) β -Damascenon

Abbildung 56: Rubin (a) 4-Methyl-1,3-pentadien, (b) 2-Methylbutanal, (c) Gras, herb,ölig (d) frisch, zitrusartig (e) (Z)-3-Hexenol, (f) Hexanol, (g) 6-Methyl-5-hepten-2-on, (h) Linalool, (i) Rosenoxid, (j) α -Terpineol, (k) Neral, (l) Methyl anisat, (m) β -Damascenon

Abbildung 57: GC-Olfaktogramm von Sämling (a) 2-Methylbutanal, (b) frisch, zitrusartig, (c) 6-Methyl-5-hepten-2-on, (d) (E)-3-Hexenyl acetat, (e) Linalool, (f) Rosenoxid, (g) α -Terpineol, (h) Neral, (i) β -Damascenon

Abbildung 58: Datenauswertung der Holunderblütenextrakte mittels „masstat“

Abbildung 59: Datenauswertung der Extrakte und Blüten mittels „masstat“ (Blüten befinden sich alle auf der linken Seite innerhalb der markierten Gruppe; die Blütenextrakte sind auf der rechten Seite abgebildet)

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Inhaltstoffe in 100g Holunder (Quelle: **Holunder-** Helga Buchter-Weisbrod)

Tabelle 2: alle aufgelisteten Sorten des Holunders der amerikanischen Keimdatenbank

Tabelle 3: GC-MS Gerät, das für die Analyse der Blüten und Extrakte verwendet wurde

Tabelle 4: GC-FID Geräteeinstellung für GCO

Tabelle 5: entdeckte Verbindungen in Holunderextrakten

Tabelle 6: beschreibende Prüfung am Beispiel von frischen Holunderblüten

Tabelle 7: Wiederholung der beschreibenden Prüfung am Beispiel von frischen Holunderblüten

Tabelle 8: Übersicht der 11 kultivierten Holundersorten und einer zusätzlichen Wildsorte

Tabelle 9: Rezepturen

Tabelle 10: Holundersorten aus Südoststeiermark

Tabelle 11: Auflistung aller gefundenen Verbindungen in den Holunderblüten

Tabelle 12_1: Verbindungen und Flächen der einzelnen Sorten Teil 1

Tabelle 12_2: Verbindungen und Flächen der einzelnen Sorten Teil 2

Abbildung 13: alle Verbindungen, die in den Extrakten gemessen, und durch die Spektrenbibliothek „Wiley“ bestimmt worden sind

Abbildung 14: Auflistung der flüchtigen Verbindungen in den Holunderextrakten Sämling, Klon 17, Hamburg und Klon 14

Tabelle 15: Auflistung der flüchtigen Verbindungen in den Holunderextrakten Tattin, Rubin, Haschberg, Klon B

Tabelle 16: Auflistung der flüchtigen Verbindungen in den Holunderextrakten Klon 311, Klon 25, Klon 13, Wildholunder aus Feldbach

Tabelle 17: Bestimmung der Retentionsindices vom Sämling

Tabelle 18: Bestimmung der Retentionsindices vom Klon 17

Tabelle 19: Bestimmung der Retentionsindices vom Hamburg

Tabelle 20: Bestimmung der Retentionsindices vom Klon 14

Tabelle 21: Bestimmung der Retentionsindices vom Tattin

Tabelle 22: Bestimmung der Retentionsindices vom Rubin

Tabelle 23: Bestimmung der Retentionsindices vom Haschberg

Tabelle 24: Bestimmung der Retentionsindices vom Klon B

Tabelle 25: Bestimmung der Retentionsindices vom Klon 311

Tabelle 26: Bestimmung der Retentionsindices vom Klon 25

Tabelle 27: Bestimmung der Retentionsindices vom Klon13

Tabelle 28: Bestimmung der Retentionsindices vom Wildholunder

ANHANG

A I. Eingesetzte Chemikalien

Auflistung der eingesetzten Lösungsmittel:

Lösungsmittel	Qualität	Herkunft
Methanol	zur Rückstandsanalyse	Promochem
Ethanol	zur Analyse	Merck, Sigma

Auflistung der eingesetzten Verbindungen, die im Zuge der sensorischen Verkostungen, als Reinsubstanzen eingesetzt wurden.

Verbindung	Herkunft
(E)-2-Hexenol	Aldrich
(E)-2-Octenal	Aldrich
(E,E)- 2,4-Heptadienal	Aldrich
(Z)-3-Hexenol	Aldrich
(Z)-3-Hexenyl acetat	Aldrich
1,1,6-Trimethyl-1,1-dihydronaphthalen (1,1,6-TNT)	Sprenger/Spreitzer
1,8-Cineol	Aldrich
1-Octen-3-ol	Aldrich
1-Octen-3-on	Alfa Aesar
1-Penten-3-on	Aldrich
2-and 3-Methyl-1-butanol	Merck, Aldrich
2-Pentylfuran	Aldrich
2-Phenylethanol	Fluka
3-Hydroxy-2-butanon (Acetoin)	Aldrich
4-Methyl-3-penten-2-on (Mesityl oxid)	4-Methyl-3-penten-2-on
6-Methyl-5-hepten-2-on	Aldrich
β -Caryophyllen	Aldrich
β -Damascenon	Firmenich
Benzaldehyd	Merck
Benzyl alcohol	Riedel-de Haen
Butanol	Fluka
Camphor	Sigma
D-Citronellol	Sigma

(E)-2-Hexenal	Aldrich
Eucalyptol	Aldrich
Eugenol	Aldrich
Geraniol	Aldrich
Heptanal	Alfa Aesar
Heptanol	Aldrich
Hexanal	Fluka
Hexanol	ausgeborgt
Hotrienol	Esarom
Limonen	Aldrich
Linalool	Fluka und Aldrich
Linalool oxid (pyran)	Aldrich
Linalool oxid	Aldrich
Methyl salicylat	Aldrich
Myrcen	Aldrich
Nerol	Aldrich
Nonanal	Aldrich
Octanal	Aldrich
Octanol	Aldrich
Pentanal	Aldrich
Phenylacetaldehyd	Aldrich
Rosenöl	Aldrich
Safranal	Sigma
Terpinolen	Aldrich
α -Phellandren	Sigma
α -Terpinen	Aldrich
α -Terpineol	Schuchardt
γ -Terpinen	Aldrich

Auflistung sonstiger Chemikalien, die eingesetzt wurden:

Verbindung	Herkunft
Zitronensäure	Sigma
Ascorbinsäure	Aldrich

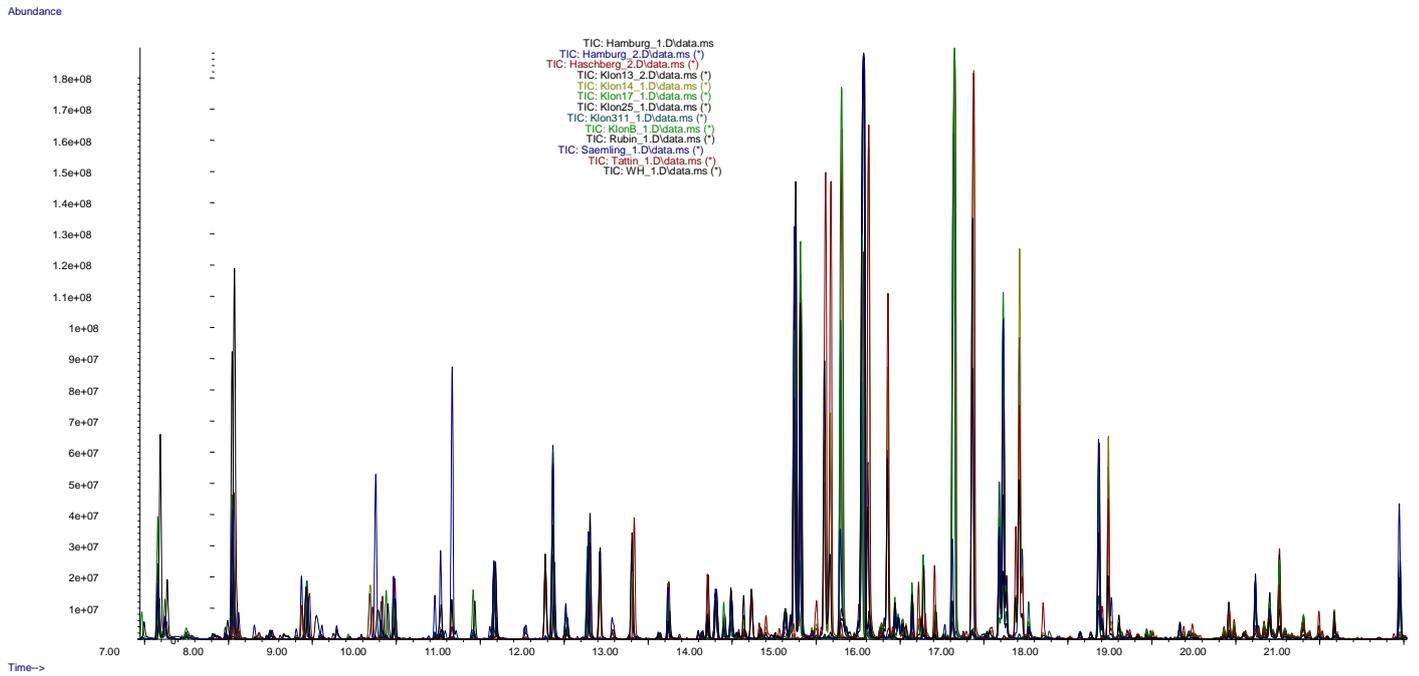
A II. Eingesetzte Geräte

Gaschromatograph	Agilent Technologies 7890A
Massenselektiver Detektor	Agilent Technologies 5975C MSD Scan modus 1.2889 mL/min 106.24 kPa MS Source: 230 C MS Quad : 150 C Solvent Delay : 3.00 min SPME: screening 40°C für 20min bei Blütenmenge 100mg und Extrakte 500µl Injektion mittels Autosampler
Injektor-Temperatur	220°C
Injektionsmodus	Split 5:1 oder Splitless
Detektor-Temperatur	230°C
Ionisation	EI (70eV)
Massenbereich	20-300 amu
Trägergas	He
Temperaturprogramm:	-10°C für 1 min dann 12°C/min bis 280°C für 3 min
Säule	Agilent 19091S-433HP-5MS 5% Phenyl Methyl Siloxan
Säulendimension	30 m x 250 µm x 1 µm

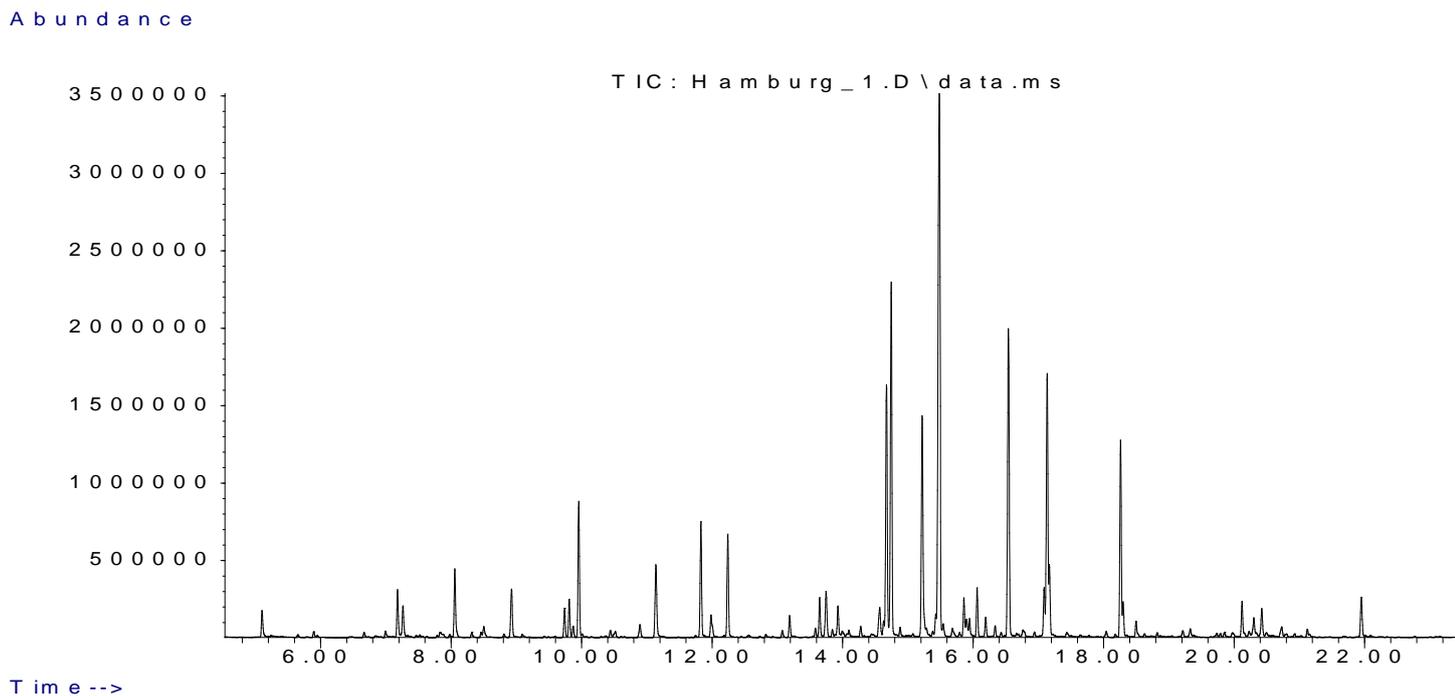
Gaschromatograph	Hewlett-Packard 5890 II
Detektor	FID
Injektor-Temperatur	270
Injektionsmodus	Splitless (1:1)
Probenmenge	200 µL, 100 µL, 50 µL, 25 µL, 10 µL, 5µL, 1µL
Detektor-Temperatur	300
Trägergas	Helium
Temperaturprogramm:	35°C 2°C/min 250°C für 2 min
Säule	HP-5 5% Phenyl Methyl Siloxan
Säulendimension	30 m x 250 µm x 0.25 µm Vordruck: 1 bar

A III. Chromatogramme

Chromatogramm aller Holunderblütensorten übereinander gelagert

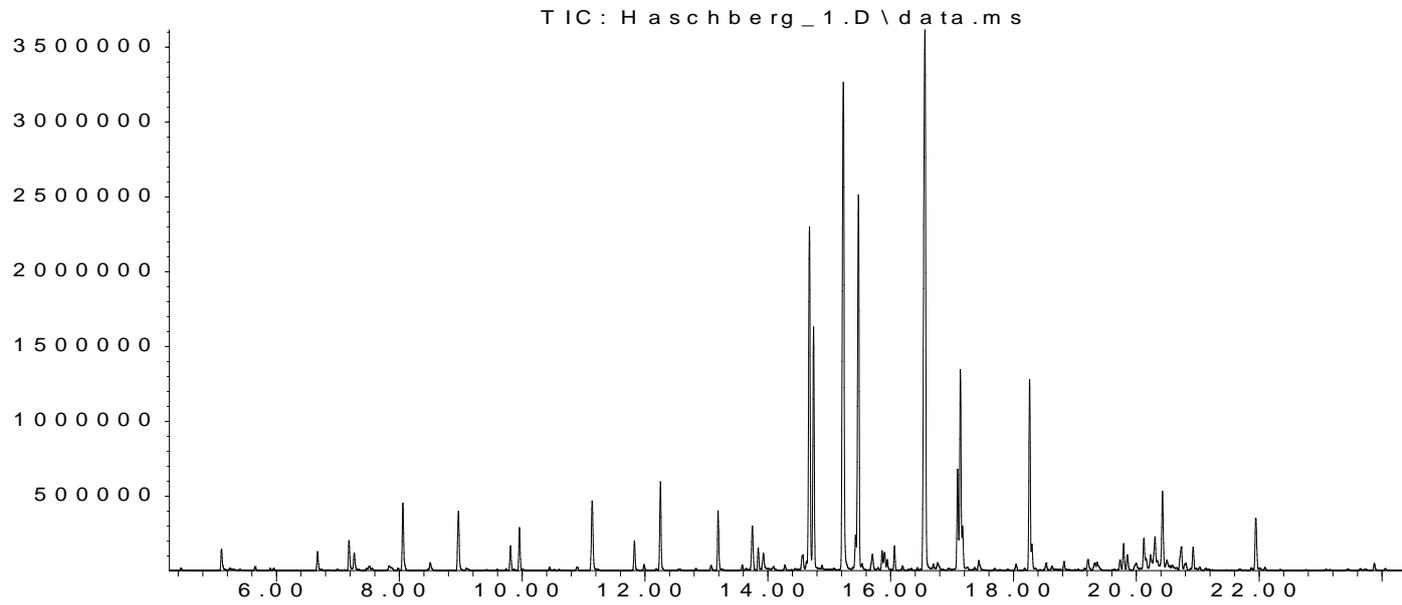


Chromatogramm Hamburg (Blüte):



Chromatogramm Haschberg (Blüte):

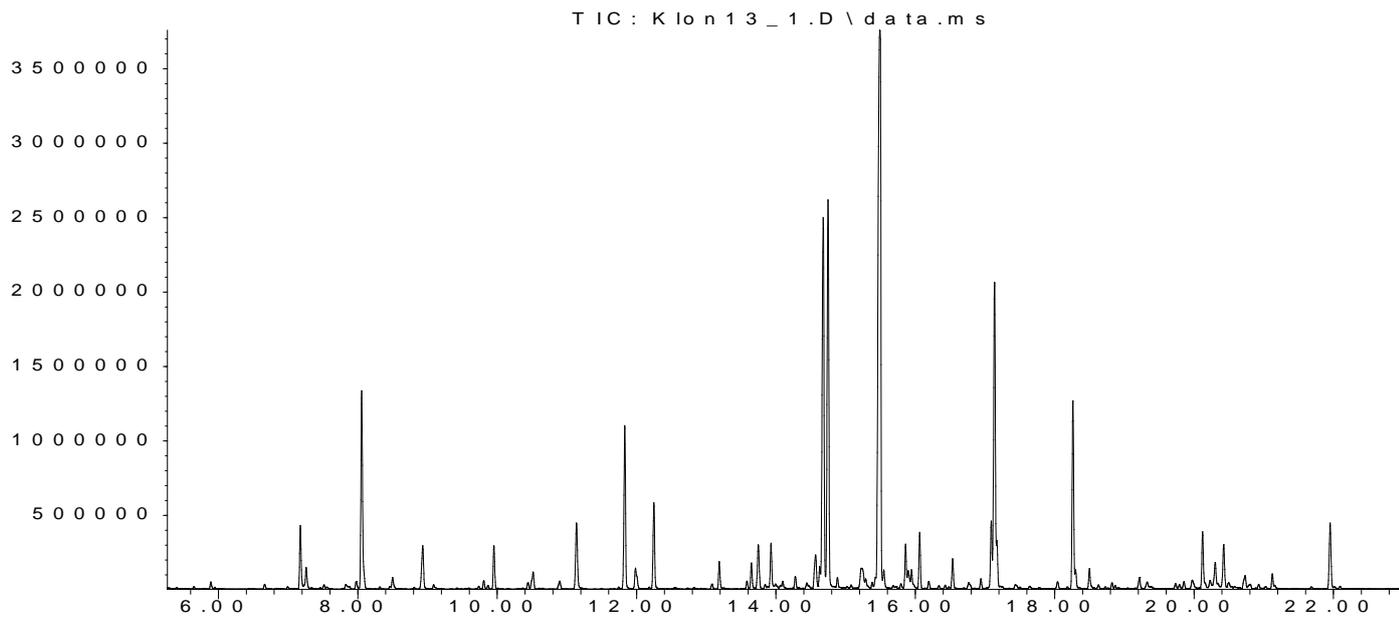
Abundance



Time -->

Chromatogramm Klon 13 (Blüte):

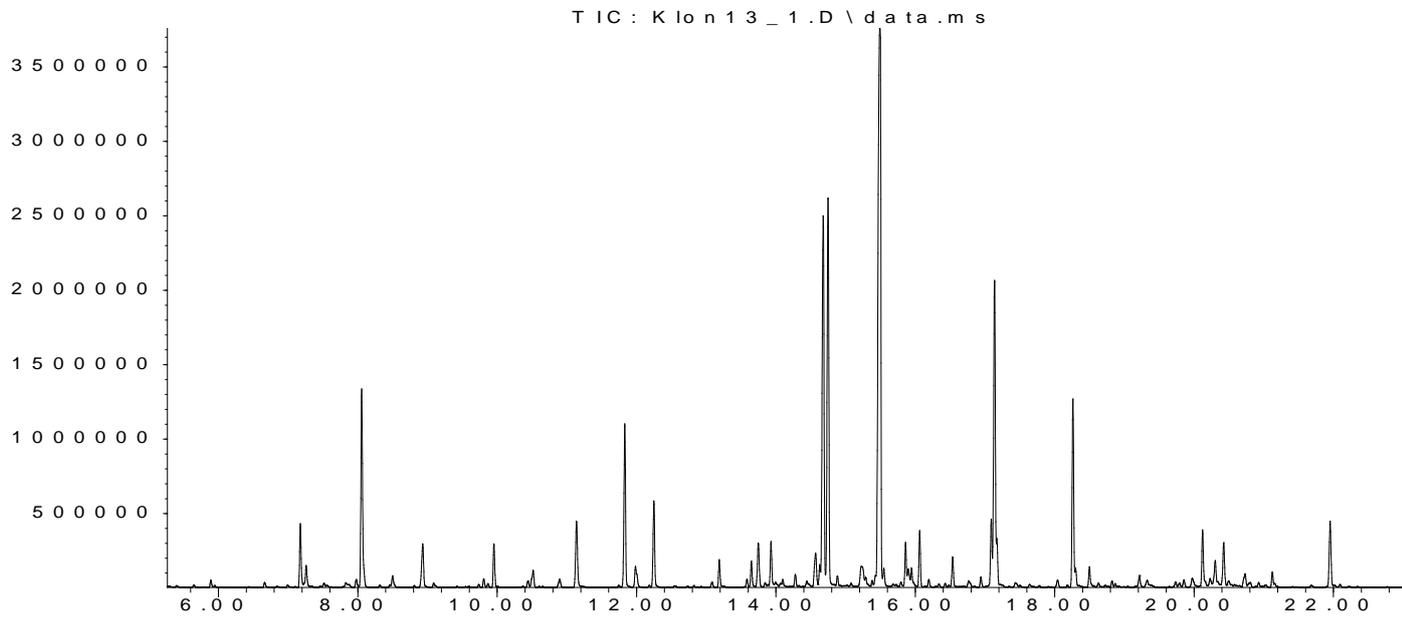
Abundance



Time -->

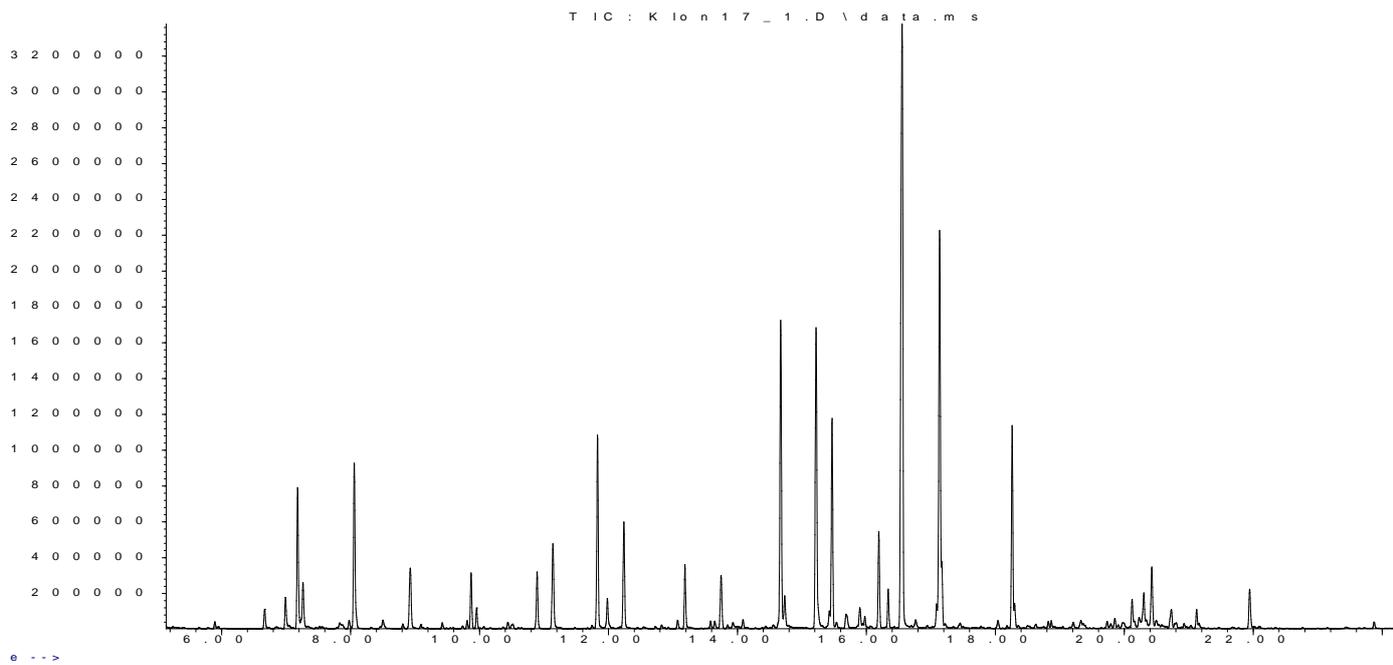
Chromatogramm Klon 14 (Blüte):

Abundance



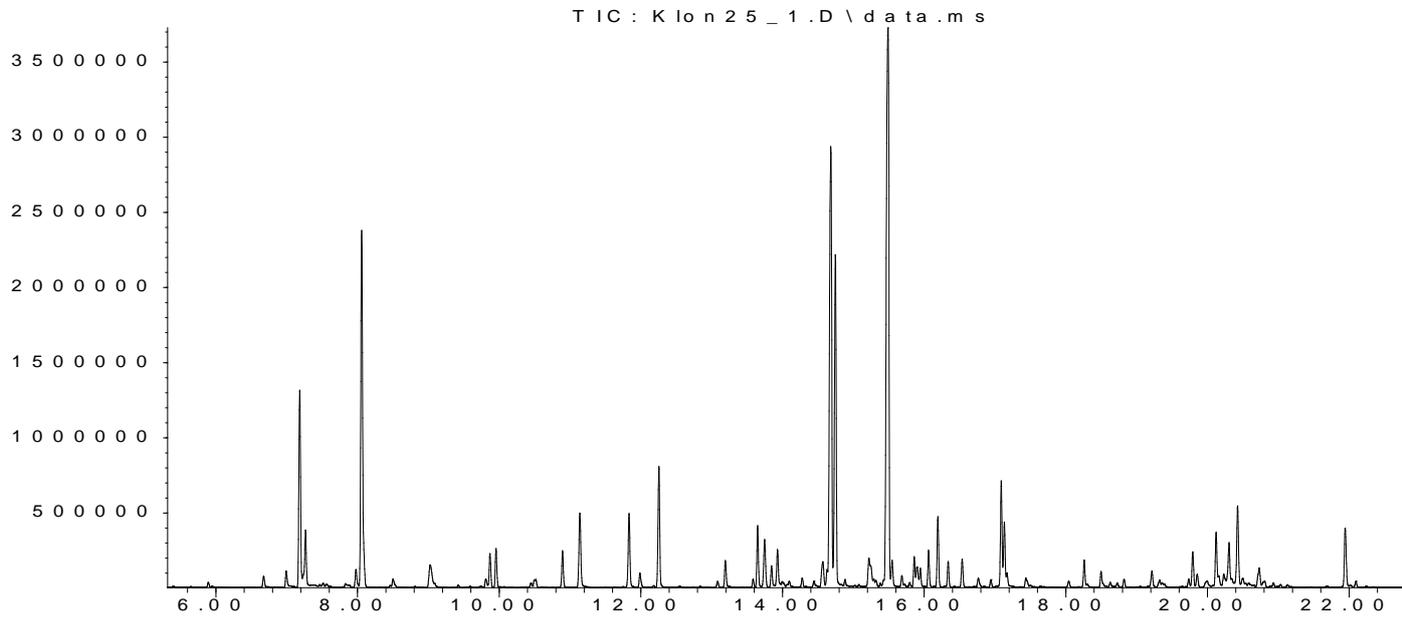
Chromatogramm Klon 17 (Blüte):

Abundance



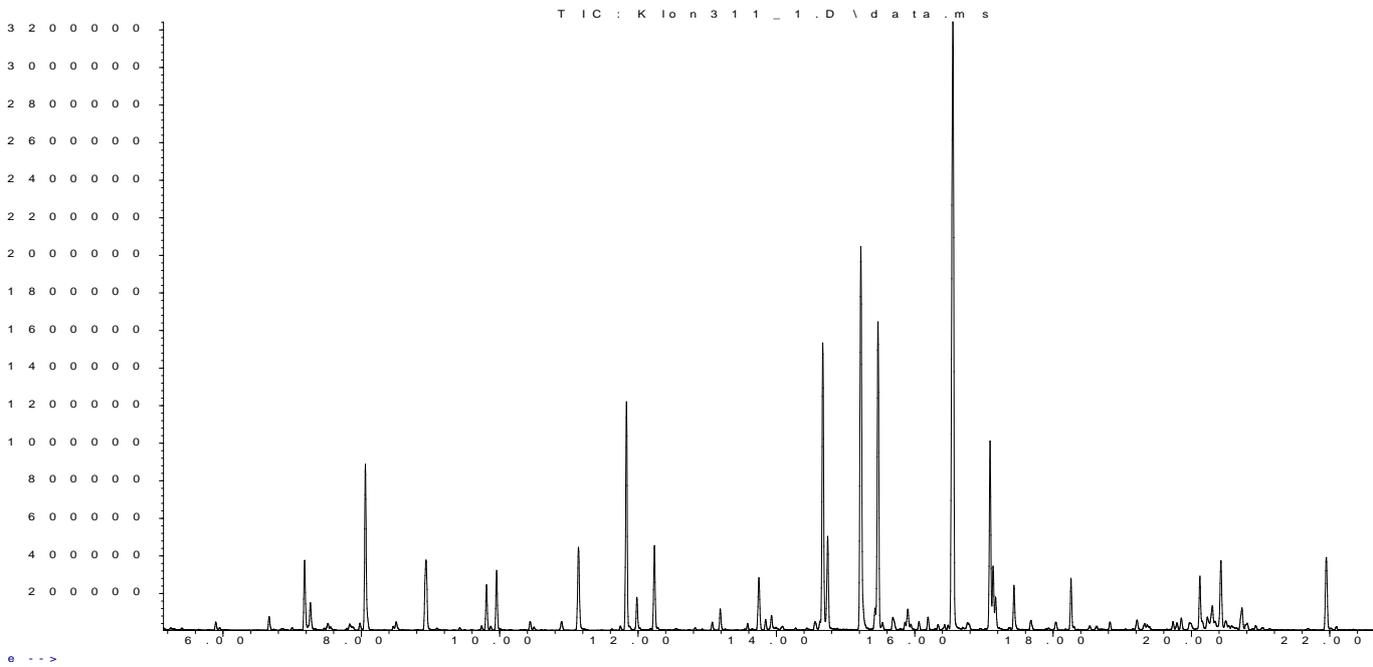
Chromatogramm Klon 25 (Blüte):

Abundance



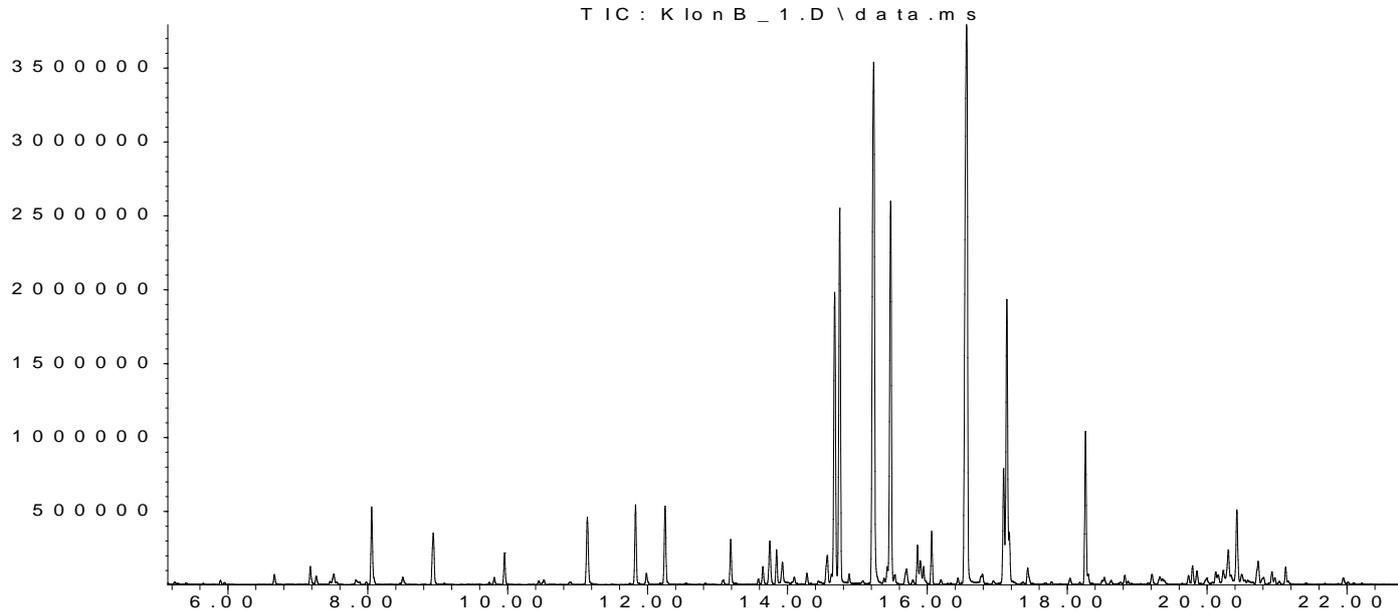
Chromatogramm Klon 311 (Blüte):

Abundance



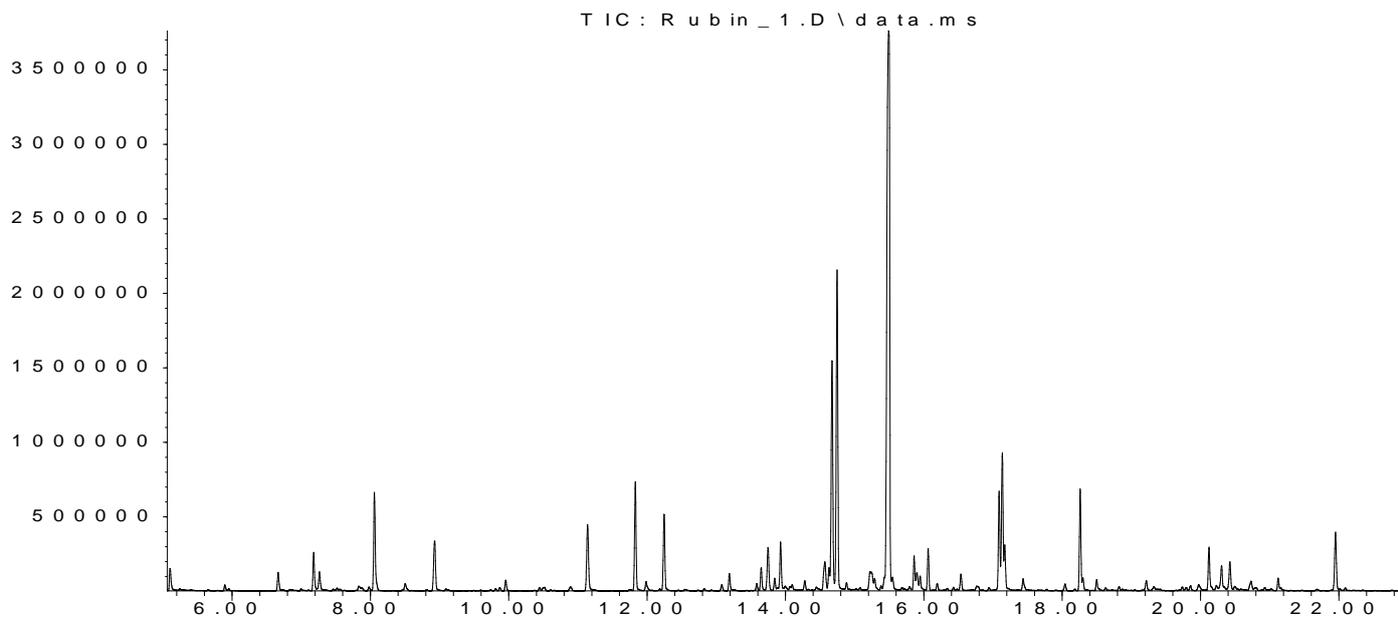
Chromatogramm Klon B (Blüte):

Abundance



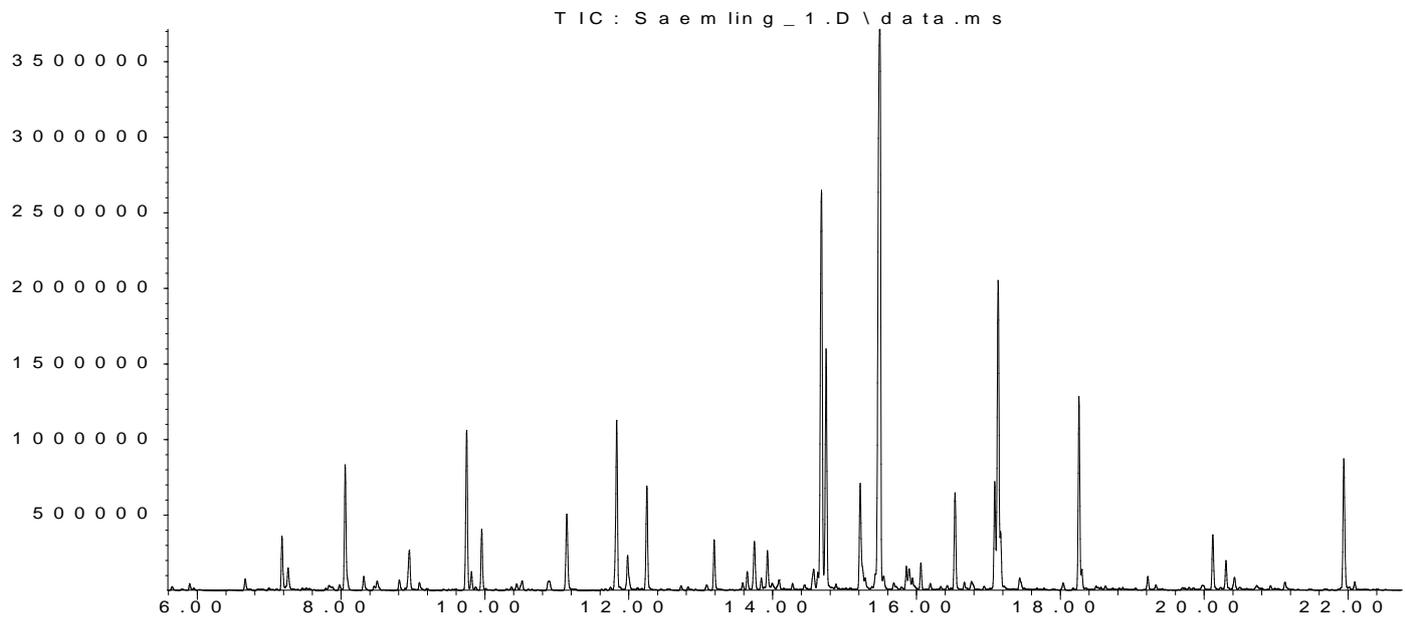
Chromatogramm Rubin (Blüte):

Abundance



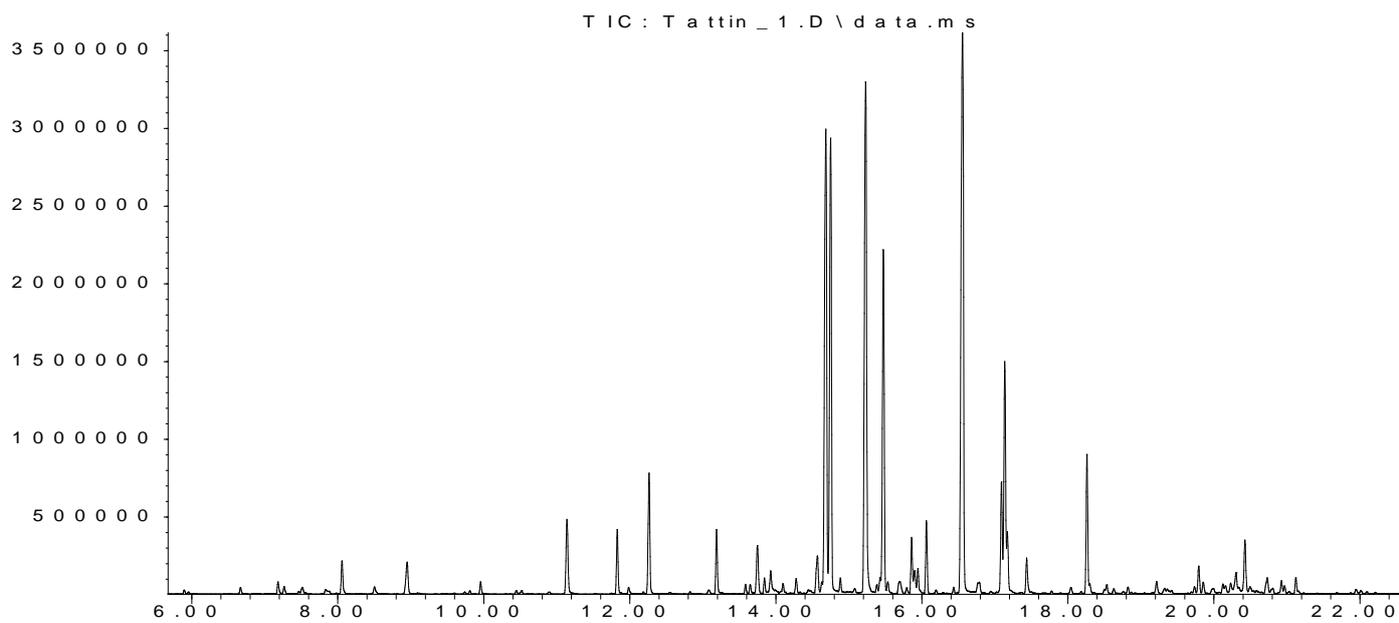
Chromatogramm Sämling (Blüte):

Abundance

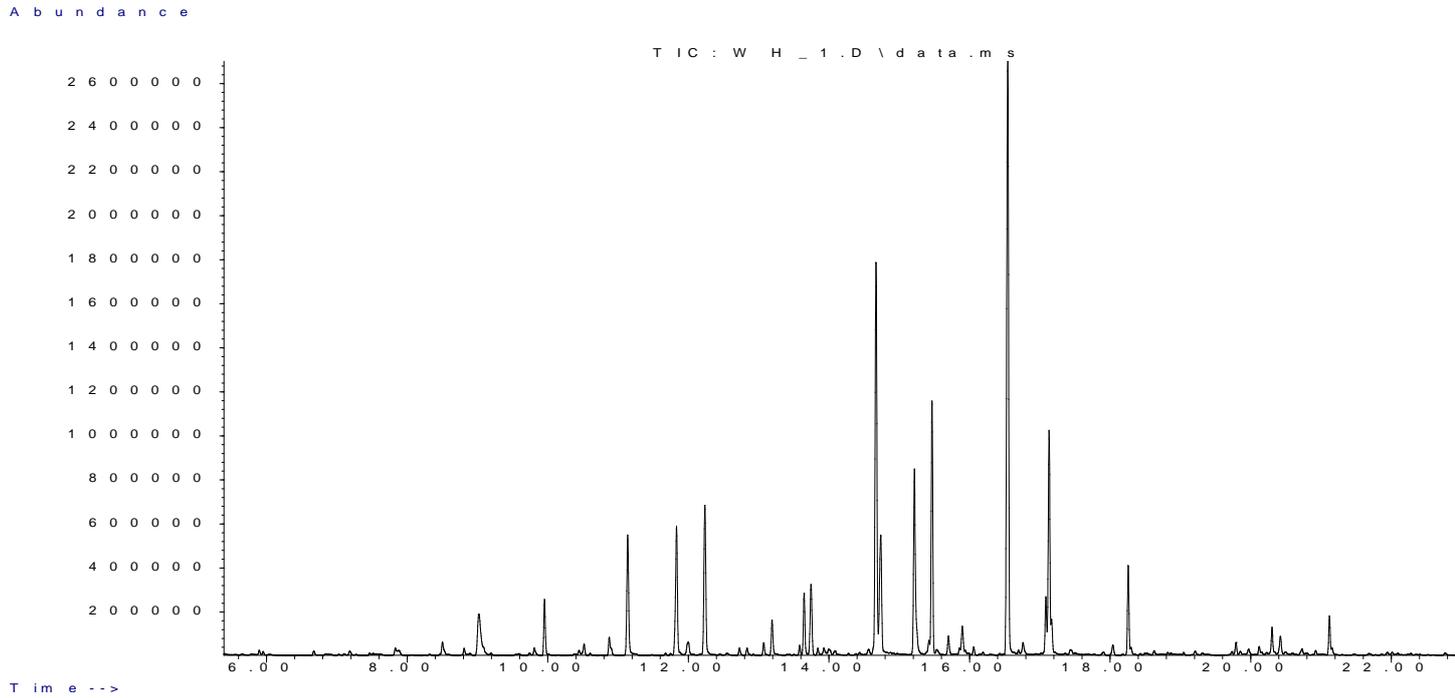


Chromatogramm Tattin (Blüte):

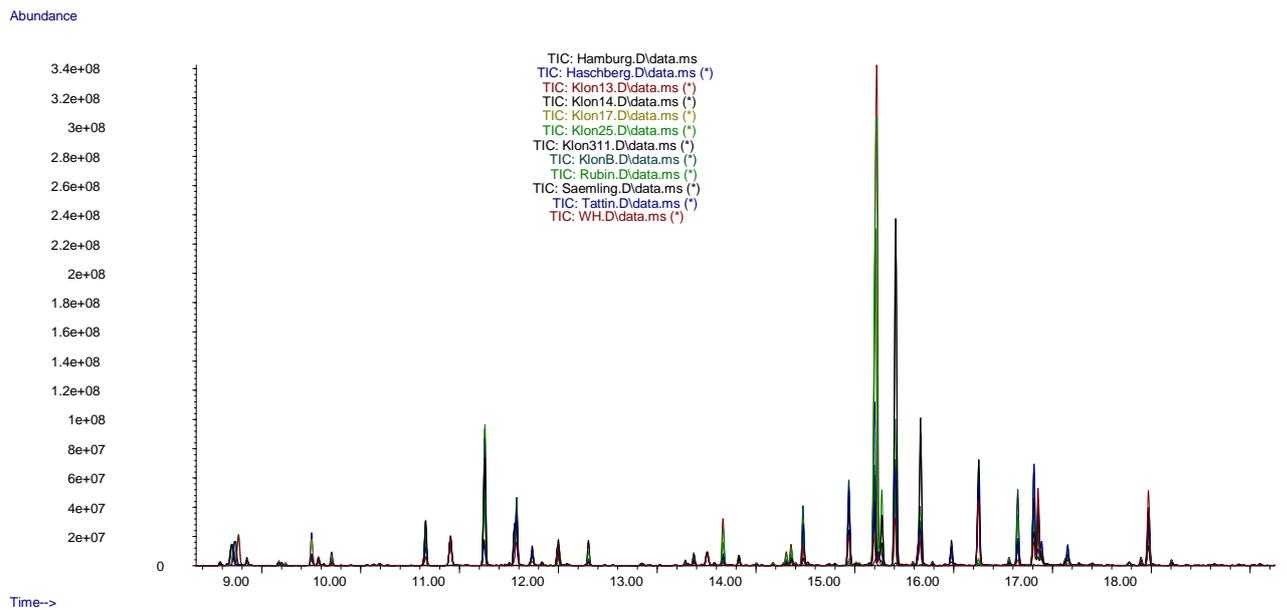
Abundance



Chromatogramm Wildholunder Feldbach (Blüte):

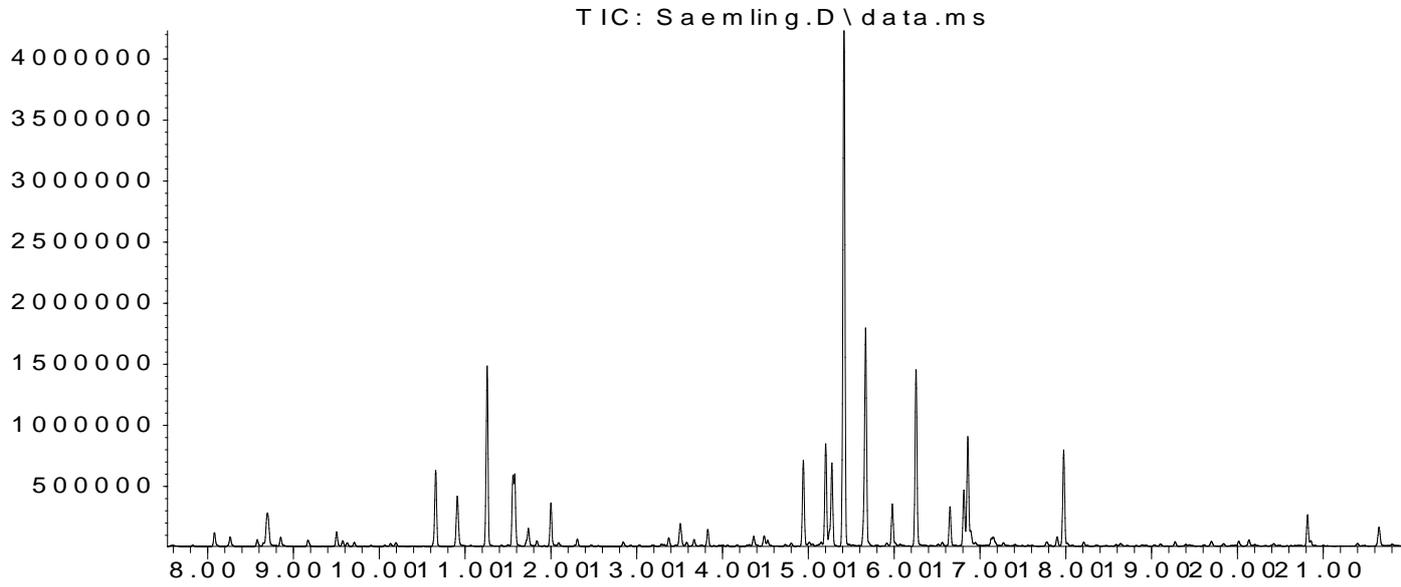


Chromatogramme aller Extrakte übereinander lagernd:



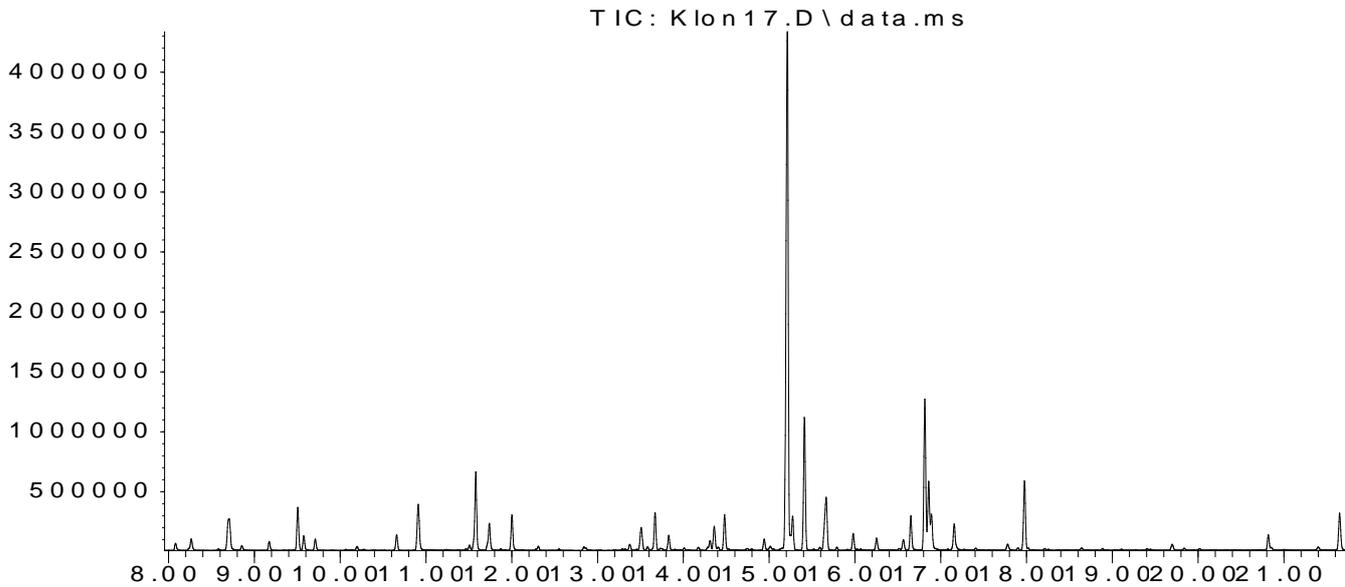
Chromatogramm Holunderextrakt Sämling:

Abundance



Chromatogramm Holunderextrakt Klon 17:

Abundance

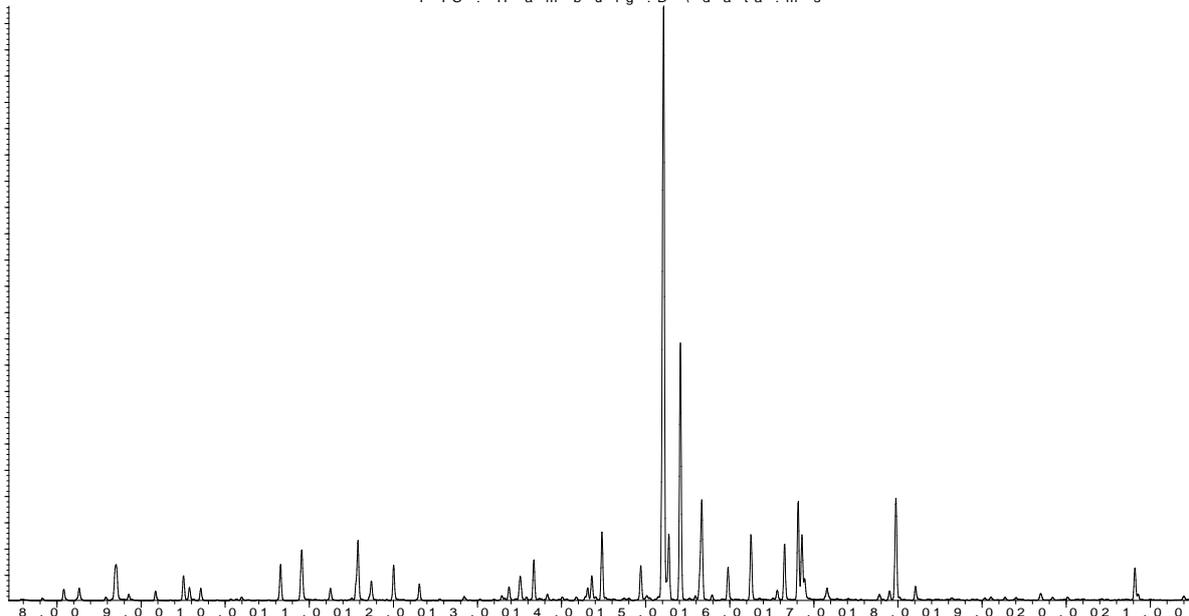


Chromatogramm Holunderextrakt Hamburg:

Abundance

4400000
4200000
4000000
3800000
3600000
3400000
3200000
3000000
2800000
2600000
2400000
2200000
2000000
1800000
1600000
1400000
1200000
1000000
800000
600000
400000
200000

TIC: Hamburg.D\data.ms



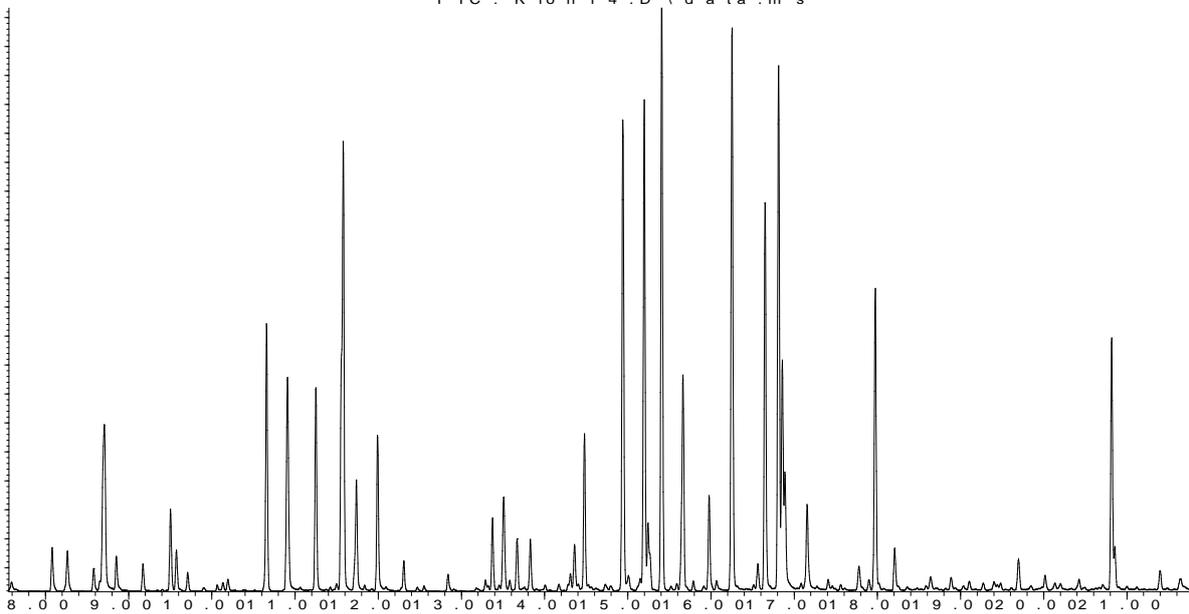
Time -->

Chromatogramm Holunderextrakt Klon 14:

Abundance

1000000
950000
900000
850000
800000
750000
700000
650000
600000
550000
500000
450000
400000
350000
300000
250000
200000
150000
100000
50000

TIC: Klon 14.D\data.ms



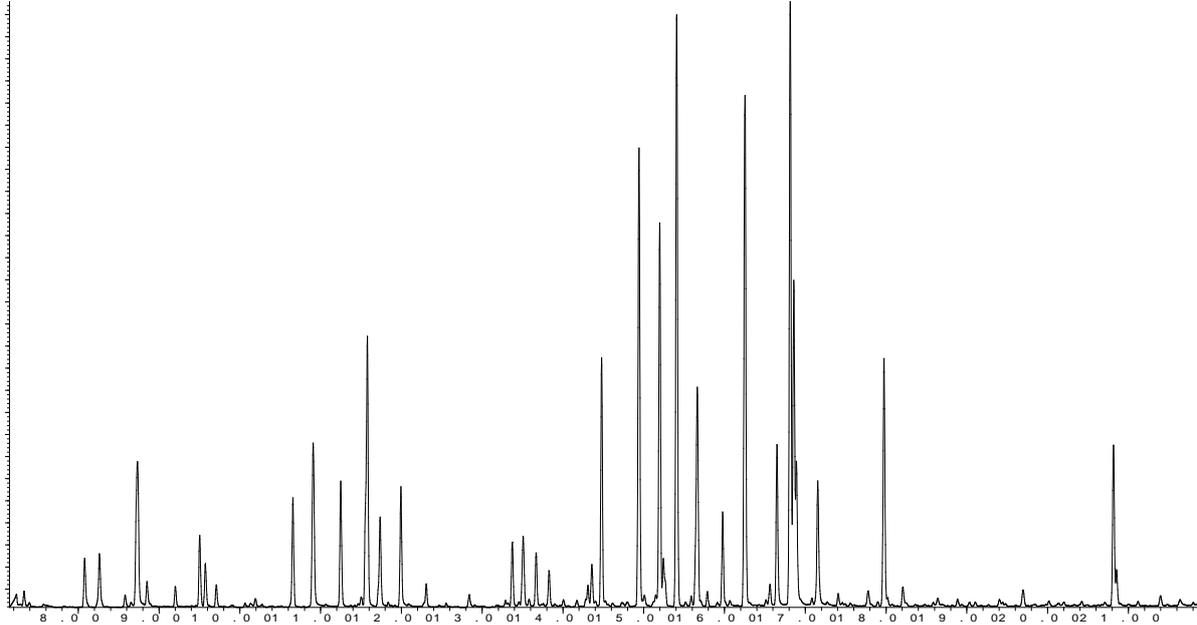
Time -->

Chromatogramm Holunderextrakt Tattin:

Abundance

13500000
13000000
12500000
12000000
11500000
11000000
10500000
10000000
9500000
9000000
8500000
8000000
7500000
7000000
6500000
6000000
5500000
5000000
4500000
4000000
3500000
3000000
2500000
2000000
1500000
1000000
5000000

TIC: Tattin.D\data.ms



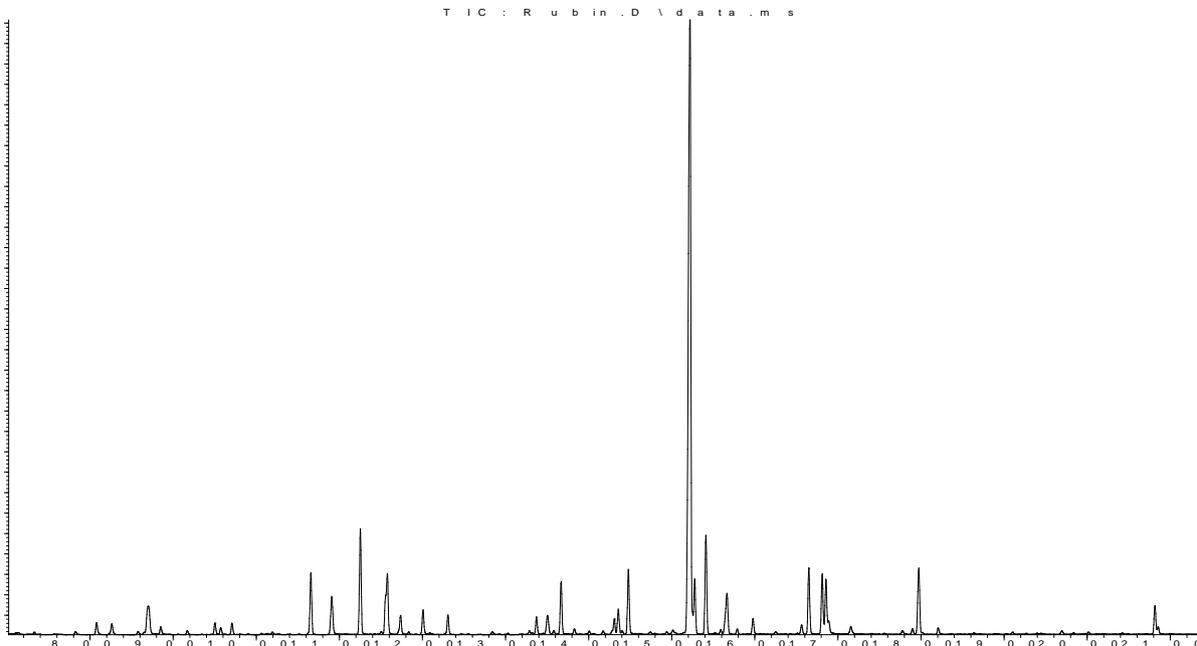
Time -->

Chromatogramm Holunderextrakt Rubin:

Abundance

60000000
58000000
56000000
54000000
52000000
50000000
48000000
46000000
44000000
42000000
40000000
38000000
36000000
34000000
32000000
30000000
28000000
26000000
24000000
22000000
20000000
18000000
16000000
14000000
12000000
10000000
8000000
6000000
4000000
2000000

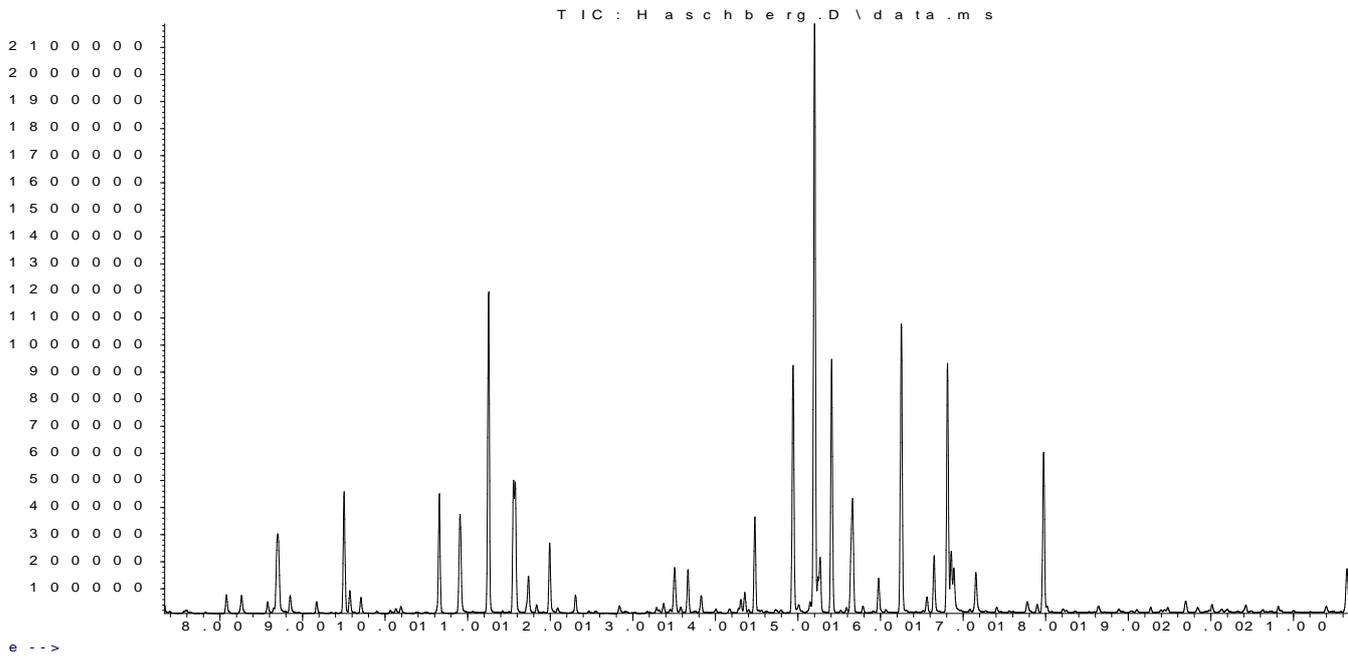
TIC: Rubin.D\data.ms



Time -->

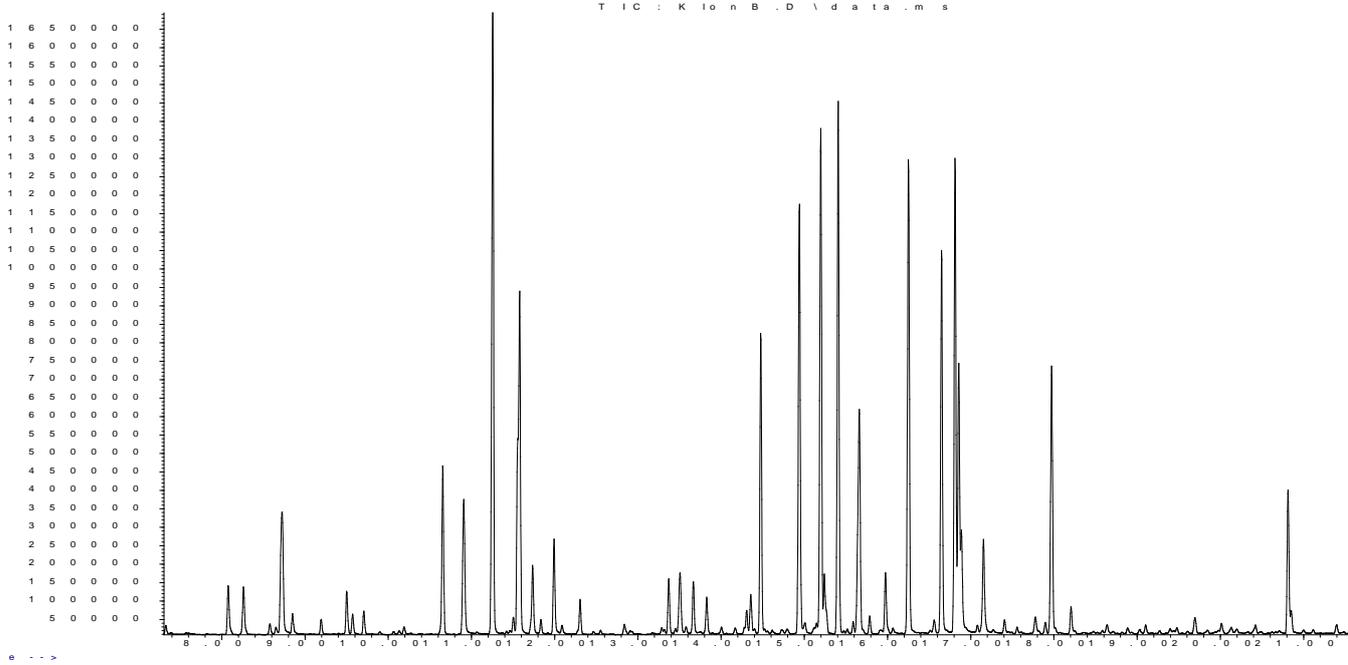
Chromatogramm Holunderextrakt Haschberg:

Abundance



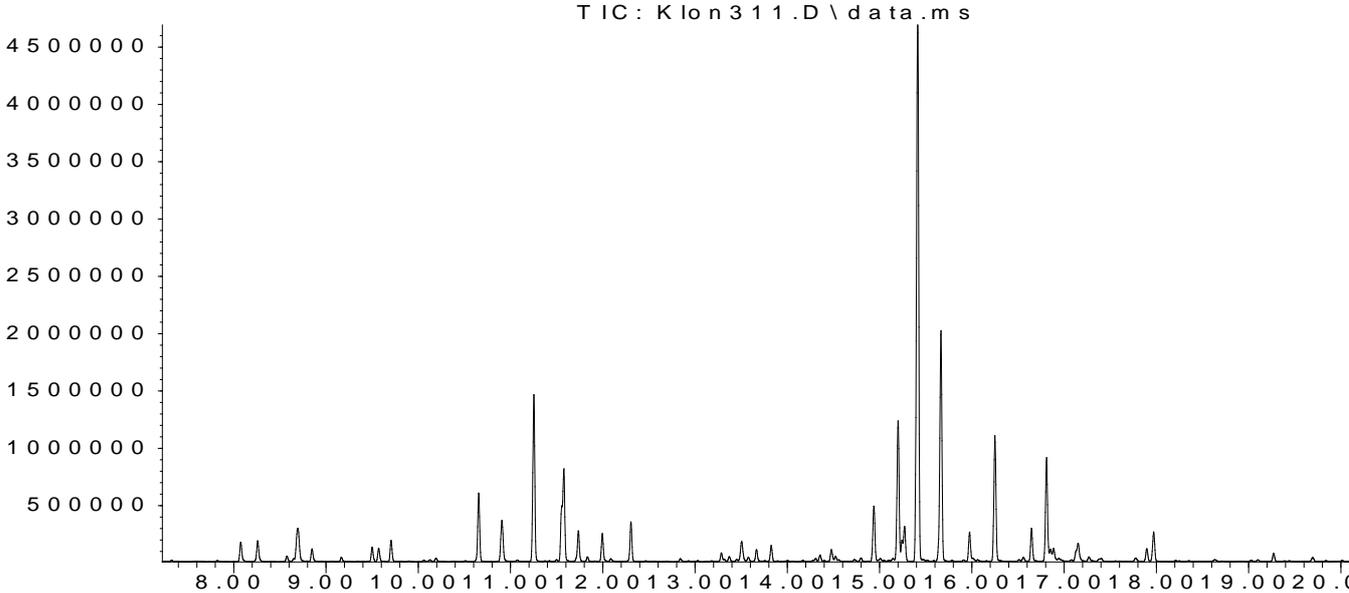
Chromatogramm Holunderextrakt Klon B:

Abundance



Chromatogramm Holunderextrakt Klon 311:

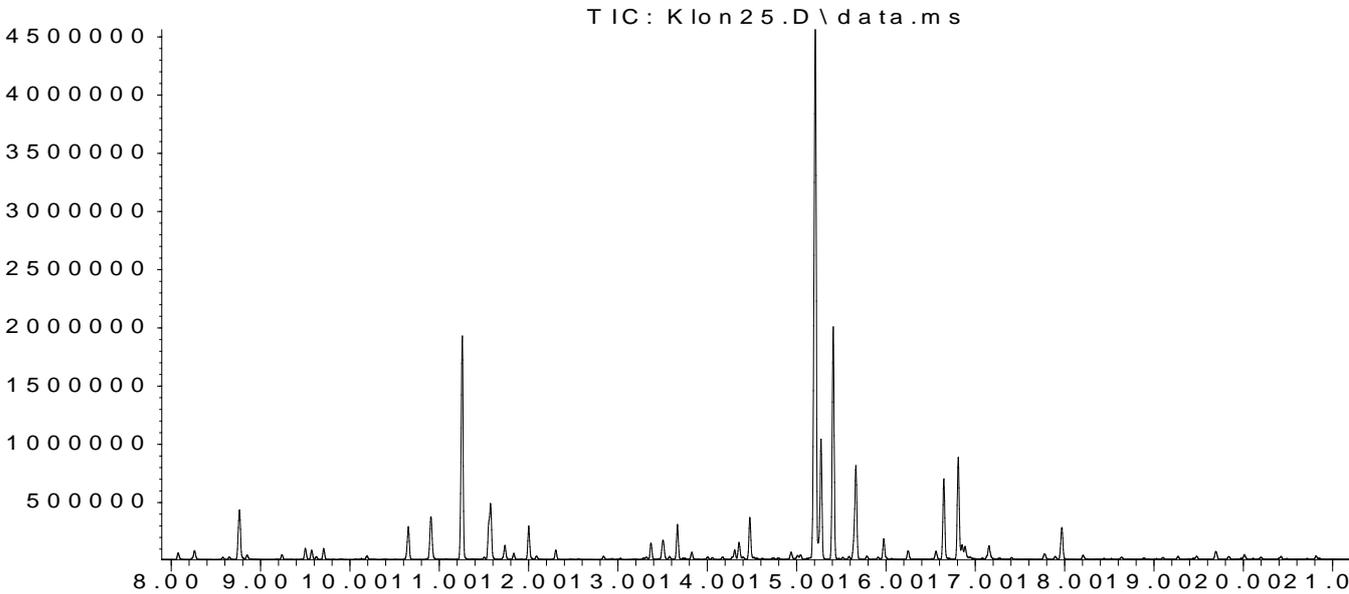
Abundance



Time-->

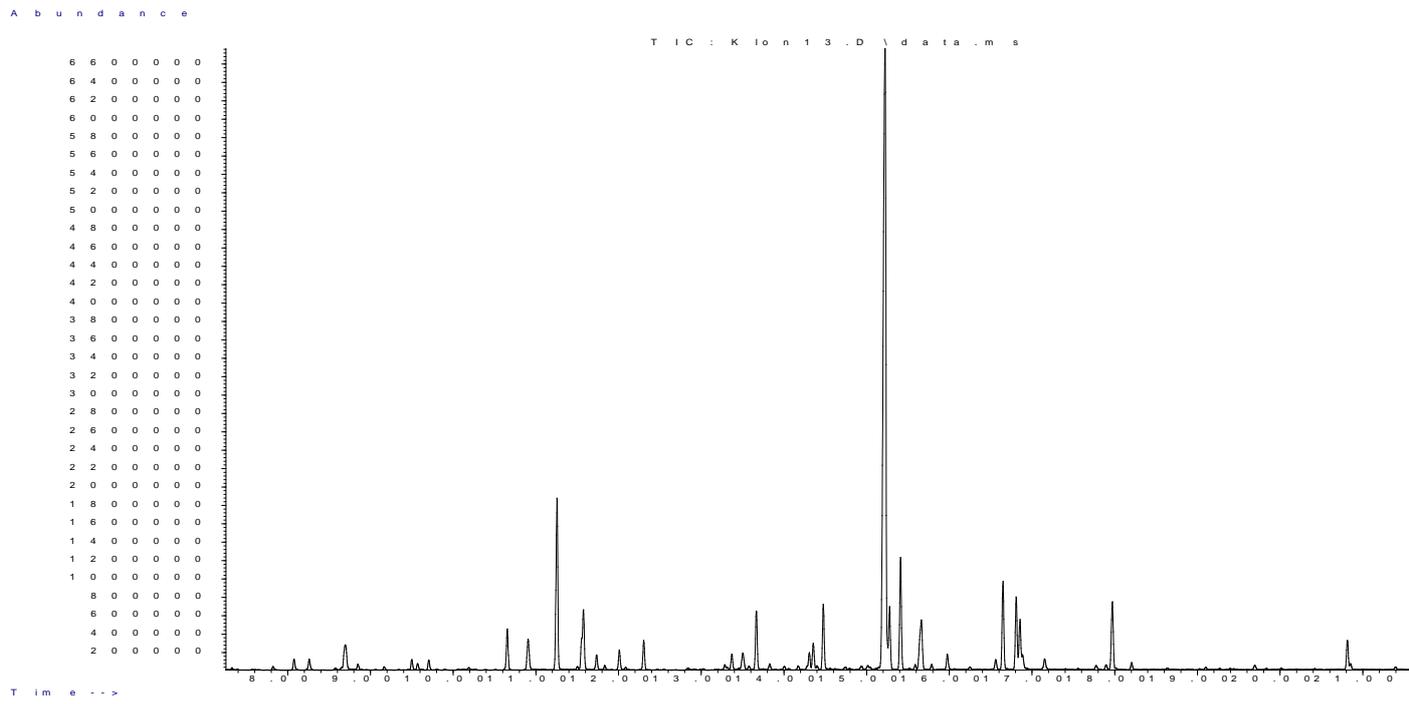
Chromatogramm Holunderextrakt Klon 25:

Abundance

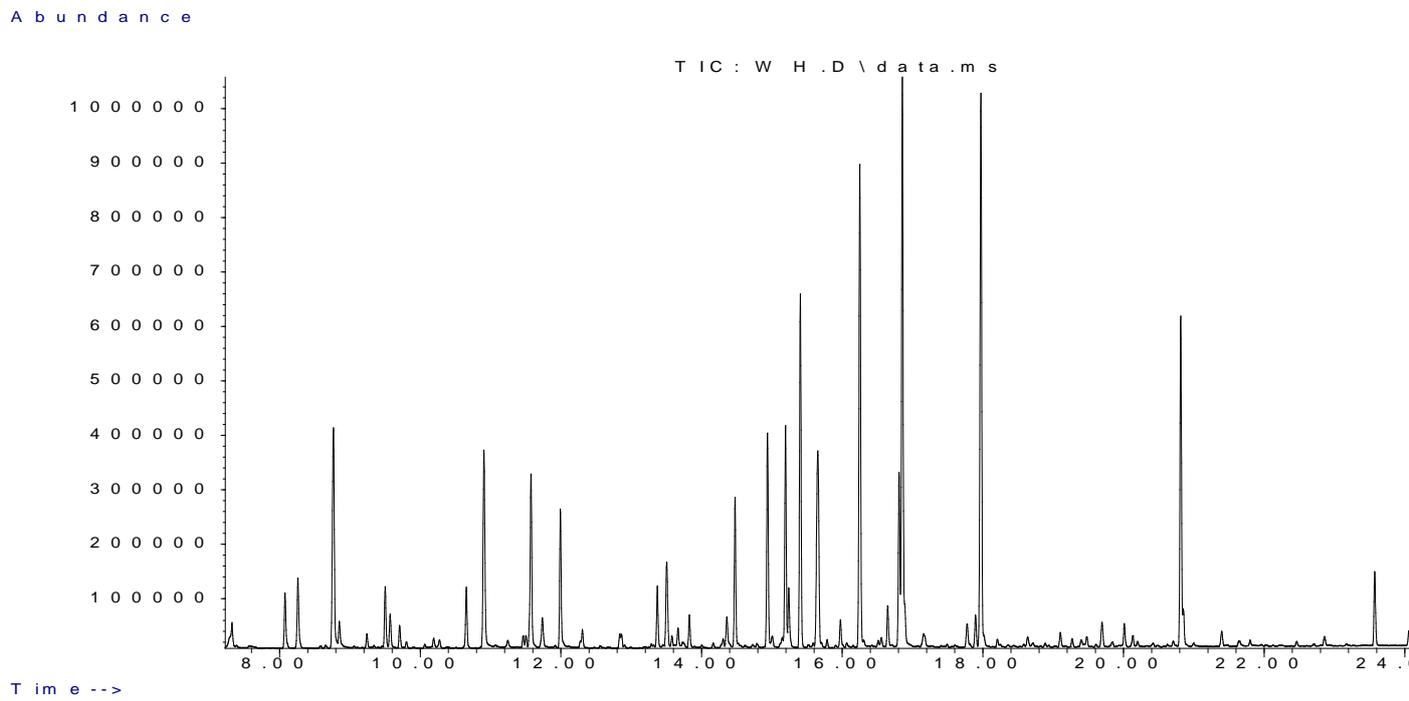


Time-->

Chromatogramm Holunderextrakt Klon 13:



Chromatogramm Holunderextrakt Wildholunder:



A IV. Geruchsbeschreibungen und Geruchsschwellenwerte

Auflistung der Aromastoffe im Holunderextrakt, die in der Literatur, vor allem durch die Untersuchungen von Kaack K.⁸² ermittelt werden konnten.

Verbindung	Geruchsbeschreibung	Geruchsschwellenwert [ppb]
Pentanal	fruchtig, Vanille	12 bis 42
Hexanal	frisch geschnittenes Gras	4,5 bis 5
1-Penten-3-on (Pentenone, Ethyl vinyl keton)	stechend, Senf	1-1,3
4-Methyl-3-penten-2-on (Mesityl oxid)	süß, blumig, synthetisch	50
Butanol	"Fuselalkohol", medizinisch	500
α-Phellandren	Terpentin, minzig, würzig, Zitrus	200-500
α-Terpinen	Zitrone, fruchtig	
Heptanal	fettig, Zitrus, ranzig	3
Limonene	Zitrus, Orange, Zitrone	10
2-and 3-Methyl-1-butanol	fruchtig, süß, Wein, malzig, Whiskey	250-300
(Z)-b-Ocimen	blumig-süß, fruchtig, herb	
γ-Terpinen	Treibstoff, Terpentin, Limette	
(E)- b-Ocimen	süß, herb, Tropische Früchte	
3-Hydroxy-2-butanon (Acetoin)	Butter, cremig, fettig	800
Octanal	Zitrus, Seife, grün	0,7
1-Octen-3-on	Schwammerl	0,005
(Z)-3-Hexenyl acetat	grün, Banane, fruchtig	2
6-Methyl-5-hepten-2-on	süß, fruchtig, grün	
cis-Roseoxid	Holunderblütensirup, süß, Rosen	
Hexanol	frisches Gras, blumig, Rosinen	2500
trans-Roseoxid	blumig, Holunderblüten	
(E)-3-Hexenol	grün, frisch, Moos	
(Z)-3-Hexenol	frisches Gras, grün	70
Nonanal	schwach Holunderblüten, fettig, Zitrus, grün	1
(E)-2-Hexenol	grün, Blätter, Walnuss	
(E)-2-Octenal	grün Gras, Blätter, Walnuss	3
cis-Linalooloxid (furan)	Holunderblüte, erdig, bumig	
1-Octen-3-ol	schwammerl, erdig	1
Nerol oxid	Holunderblütensirup, blumig, ölig	
(E,E)- 2,4-Heptadienal	fettig, gebacken, grün	

⁸² Vgl. ebenda Kaack K.: Processing of aroma extracts from elder flower (Sambucus nigra L.)

Heptanol	grün, herb	
Camphor	medizinisch	
Benzaldehyd	Mandeln, süß, verbrannter Zucker	350-3500
Linalool	blumig, Friesen, Lavendel, süß	6
Octanol	scharf, fettig, würzig, Moos, Nuss, schwammerl	110-130
b-Caryophyllen	holzig, würzig, blumig	64
Hydroxylinalool		
Terpinen-4-ol	holzig, erdig, süß, Muskat, Terpentin, Most	
Hotrienol	leicht blumig, Holunderblüten, Hyacinthen	na
Safranal	kräuterartig-süß	
α-Terpineol	leicht süßlich, blumig, Anis, minze	330-350
1,1,6-Trimethyl-1,1-dihydronaphthalen (1,1,6-TNT)	Lakritz	
Methyl salicylat	minzig, süß, Pfefferminze	
Citronellol	süß, Rosenartig	40-50
Nerol	süß, blumig, Zitrus	300
b-Damascenon	Holunderbeeren, fruchtig, Rosen, Honig	0,002
Geraniol	süß, blumig, Rosen	40- 75
Benzyl alcohol	blumig, süß, Rosen	10000
2-Phenylethanol	blumig, Rosen, Honig, würzig, Lilien	750-1100

Auflistung der Aromastoffe im Holunderextrakt, die im Zuge dieser Arbeit identifiziert werden konnten.

Verbindungen	Geruchsbeschreibung	Schwellenwert⁸³	Referenz
3-Methylbutanal	Malz	0,00015-0,0002	Buttery & Ling (1995, 1998)
2-Methylbutanal	Kakao, Mandeln	0,0013	Milo & Grosch (1997)
3-Methyl-1-butanol	Fuselalkohol	0,25-0,3	Buttery & Ling (1995)
2-Methyl-1-butanol	geröstet, Wein, Zwiebel, fruchtig	0,25-0,42	Schnabel et al. (1998)
2-Methyl-2-Butenal	Pfefferminze, Campher	0,5	Buttery et al. (1990a); Buttery (1993)
Pentanol	ölig, grün		
n-Hexanal	Gras, Talg, fettig	0,0045-0,005	Buttery & Ling (1995,1998)
(Z)-3-Hexenol	Gras	0,039	Masanetz & Grosch (1998b)
Hexanol	Rosinen, blumig, grün	0,01-0,1	Larsen & Poll (1992)
n-Haptanal	ranzig, Walnuss, Fisch	0,003	Buttery & Ling (1995, 1998)
Benzaldehyd	Mandel, verbrannter	0,32	Tilgner & Ziminska (1982)

⁸³ Vgl. van Gemert

Zucker			
1-Octen-3-ol	Käse, cremig, erdig, Gemüse		
6-Methyl-5-hepten-2-on	Zitrus, grün, Most, Zitronengras, Apfel	0,05	Buttery (1981, 1993)
Myrcen	Balsamico, Most, würzig	0,013-0,015	Teranishi et al. (1981)
(E)-3-Hexenyl acetat	fruchtig, grün, Bananar		
α -Phellandren	Terpentin, minzig, würzig		Padrayuttawat et al. (1997)
p-Cymen	Lösungsmittel, Treibstoff, Zitrus	0,0062	Pino et al. (1986)
(Z)- β -Ocimen	blumig, herb, süß	0,034	Tamura et al. (2001)
Benzyl alcohol	süß, blumig, Zitrone/Orange		
trans- β -Ocimen	süß, herb		Tamura et al. (2001)
Linalooloxid	blumig, herb, erdig, grün		
(Z)-Rosenoxid	grün, rosig, würzig, frisch, Geranien		
Allo-ocimen	süß, floral, Nusschale, pfeffrig, pflanzlich		
(E)-Rosenoxid	blumig, Rosen		
Neo-alloocimen	süß, frisch, floral, blumig		
Neroloxid	ölig, blumig		
Linalooloxid (pyranoid)	Zitrus, grün		
Methyl salicylat	Wintergrün, minzig	0,0349	Helbing (1939)
Citronellol	Rosen, Geranien	1	Appell (1969)
Geraniol	Rosen, Geranien	0,001-0,01	Larsen & Poll (1990)
Citral	Zitrone	0,0005	Balavoine (1948)
Dihydroedulan II	Hollunderblüte, fruchtig		
Dihydroedulan I/ (Z)-3-Hexenyl tiglat	frisch, grün, blumig, fruchtig		
Methyl anisat	herb, Anis, süß		
β -Damascenon	Pinie, Terpentin	0,01	Ohloff (1977, 1978)
E,E- α -Farnesen	holzig, süßlich		
(Z)- β -Ocimene	warm, floral, herb, sweet	0,034	Tamura et al. (2001)
(E)- β -Ocimene	sweet, herb		Tamura et al. (2001)
Epoxylinool	flower		
Linalooloxid	floral herbal earthy green		
Linalool	flower, lavender	0,00001-0,0001	Larsen & Poll (1992)
Nonanal	rose fresh orange peel fatty		
Hotrienol	sweet, tropical, ocimene, fennel, ginger, myrcene		
(Z)-Rosenoxid	green, rose, spicy, fresh, geranium		

(E)- Rosenoxid	flower, rose		
Citronellal	Fresh-green Zitrus-like, lemon-citronella, rose- type		
Neroloxid	oil, flower		
Nerol	sweet, citus	0,29-0,3	Ohloff (1977; 1978; Pickenhagen & Furrer 1990)
Geraniol	rose, geranium	0,001-0,01	Larsen & Poll (1990)
Dihydroedulan II	Hollunderblüte, fruchtig		

A V. Sensorikprotokolle

In diesem Kapitel sind die Protokolle, samt Prüfanleitung der unterschiedlichsten Verkostungen, die im Laufe dieser Diplomarbeit verwendet worden sind, zu finden.

- Geruchsbeschreibung Vergleich der Holunderblüten (mit und ohne Blütenstaub)
- Geruchserkennung (Produktspezifische Schulung mit Riechstreifen)
- Einfach beschreibende Prüfung
- Quantitativ- deskriptive Prüfung (Profilprüfung)
- Projective Mapping

Geruchsbeschreibung vom 11.05.

Name:	
Prüfer Nr:	

Prüfanleitung:

1. Auf dem Prüfplatz befinden sich unterschiedliche Sorten von Holunderblüten in Weingläser.

Die Prüfproben sind in der angegebenen Reihenfolge zu prüfen.

2. Der Geruch der Proben ist zu beschreiben.

Nr.	Geruchsbeschreibung
1	
2	
3	

Geruchserkennung vom 05.05.2011

Name:	
Prüfer Nr:	

Prüfanleitung: 1. Auf dem Prüfplatz befinden sich die Riechstreifen in Zellophanhüllen. Die Prüfproben sind in der angegebenen Reihenfolge zu prüfen.

2. Der Geruch der Proben ist zu beschreiben.

Nr.	Geruchsbeschreibung	Geruchserkennung
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		

9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		

Geruchsbeschreibung vom 16.05.

Name:	
Prüfer Nr.:	

Prüfanleitung: 1. Auf dem Prüfplatz befinden sich einzelne Auszüge der Holunderblüte.

Die Prüfproben sind in der angegebenen Reihenfolge zu prüfen.

2. Der Geruch der Proben ist zu beschreiben und zu beurteilen.

Nr.	Deskriptive Beurteilung	(semi)quantitative Beurteilung der Auszüge	Wie spiegelt das Produkt das Aroma von Holunderblüten wieder?
1		<p>grüne, stängelige Noten:</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> stark † <input type="radio"/> gut <input type="radio"/> weniger gut ausgeprägt <input type="radio"/> schlecht <input type="radio"/> überhaupt nicht <p style="text-align: center;">†</p> <p>florale, blumige Noten:</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> stark † <input type="radio"/> gut <input type="radio"/> weniger gut ausgeprägt <input type="radio"/> schlecht <input type="radio"/> überhaupt nicht <p>süßliche Note:</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> stark † <input type="radio"/> gut <input type="radio"/> weniger gut ausgeprägt <input type="radio"/> schlecht <input type="radio"/> überhaupt nicht <p>dumpfe, staubige Note:</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> stark † <input type="radio"/> gut <input type="radio"/> weniger gut ausgeprägt <input type="radio"/> schlecht <input type="radio"/> überhaupt nicht <p>Zitrus Note:</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> stark † <input type="radio"/> gut <input type="radio"/> weniger gut ausgeprägt <input type="radio"/> schlecht <input type="radio"/> überhaupt nicht 	<ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> sehr gut <input type="radio"/> gut † <input type="radio"/> mittelmäßig † <input type="radio"/> schlecht <input type="radio"/> sehr schlecht

2		<p>grüne, stängelige Noten:</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> stark † <input type="radio"/> gut <input type="radio"/> weniger gut ausgeprägt <input type="radio"/> schlecht <input type="radio"/> überhaupt nicht † <p>florale,blumige Noten:</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> stark † <input type="radio"/> gut <input type="radio"/> weniger gut ausgeprägt <input type="radio"/> schlecht <input type="radio"/> überhaupt nicht <p>süßliche Note:</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> stark † <input type="radio"/> gut <input type="radio"/> weniger gut ausgeprägt <input type="radio"/> schlecht <input type="radio"/> überhaupt nicht <p>dumpfe, staubige Note:</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> stark † <input type="radio"/> gut <input type="radio"/> weniger gut ausgeprägt <input type="radio"/> schlecht <input type="radio"/> überhaupt nicht <p>Zitrus Note:</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> stark † <input type="radio"/> gut <input type="radio"/> weniger gut ausgeprägt <input type="radio"/> schlecht <input type="radio"/> überhaupt nicht 	<ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> sehr gut <input type="radio"/> gut † <input type="radio"/> mittelmäßig † <input type="radio"/> schlecht <input type="radio"/> sehr schlecht
3		<p>grüne, stängelige Noten:</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> stark † <input type="radio"/> gut <input type="radio"/> weniger gut ausgeprägt <input type="radio"/> schlecht <input type="radio"/> überhaupt nicht † <p>florale,blumige Noten:</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> stark † <input type="radio"/> gut <input type="radio"/> weniger gut ausgeprägt <input type="radio"/> schlecht <input type="radio"/> überhaupt nicht <p>süßliche Note:</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> stark † <input type="radio"/> gut <input type="radio"/> weniger gut ausgeprägt <input type="radio"/> schlecht <input type="radio"/> überhaupt nicht 	<ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> sehr gut <input type="radio"/> gut † <input type="radio"/> mittelmäßig † <input type="radio"/> schlecht <input type="radio"/> sehr schlecht

		<p>dumpfe, staubige Note:</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> stark † <input type="radio"/> gut <input type="radio"/> weniger gut ausgeprägt <input type="radio"/> schlecht <input type="radio"/> überhaupt nicht <p>Zitrus Note:</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> stark † <input type="radio"/> gut <input type="radio"/> weniger gut ausgeprägt <input type="radio"/> schlecht <input type="radio"/> überhaupt nicht 	
4		<p>grüne, stängelige Noten:</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> stark † <input type="radio"/> gut <input type="radio"/> weniger gut ausgeprägt <input type="radio"/> schlecht <input type="radio"/> überhaupt nicht † <p>florale,blumige Noten:</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> stark † <input type="radio"/> gut <input type="radio"/> weniger gut ausgeprägt <input type="radio"/> schlecht <input type="radio"/> überhaupt nicht <p>süßliche Note:</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> stark † <input type="radio"/> gut <input type="radio"/> weniger gut ausgeprägt <input type="radio"/> schlecht <input type="radio"/> überhaupt nicht <p>dumpfe, staubige Note:</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> stark † <input type="radio"/> gut <input type="radio"/> weniger gut ausgeprägt <input type="radio"/> schlecht <input type="radio"/> überhaupt nicht <p>Zitrus Note:</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> stark † <input type="radio"/> gut <input type="radio"/> weniger gut ausgeprägt <input type="radio"/> schlecht <input type="radio"/> überhaupt nicht 	<ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> sehr gut <input type="radio"/> gut † <input type="radio"/> mittelmäßig † <input type="radio"/> schlecht <input type="radio"/> sehr schlecht

5		<p>grüne, stängelige Noten:</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> stark † <input type="radio"/> gut <input type="radio"/> weniger gut ausgeprägt <input type="radio"/> schlecht <input type="radio"/> überhaupt nicht † <p>florale,blumige Noten:</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> stark † <input type="radio"/> gut <input type="radio"/> weniger gut ausgeprägt <input type="radio"/> schlecht <input type="radio"/> überhaupt nicht <p>süßliche Note:</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> stark † <input type="radio"/> gut <input type="radio"/> weniger gut ausgeprägt <input type="radio"/> schlecht <input type="radio"/> überhaupt nicht <p>dumpfe, staubige Note:</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> stark † <input type="radio"/> gut <input type="radio"/> weniger gut ausgeprägt <input type="radio"/> schlecht <input type="radio"/> überhaupt nicht <p>Zitrus Note:</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> stark † <input type="radio"/> gut <input type="radio"/> weniger gut ausgeprägt <input type="radio"/> schlecht <input type="radio"/> überhaupt nicht 	<ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> sehr gut <input type="radio"/> gut † <input type="radio"/> mittelmäßig † <input type="radio"/> schlecht <input type="radio"/> sehr schlecht
6		<p>grüne, stängelige Noten:</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> stark † <input type="radio"/> gut <input type="radio"/> weniger gut ausgeprägt <input type="radio"/> schlecht <input type="radio"/> überhaupt nicht † <p>florale,blumige Noten:</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> stark † <input type="radio"/> gut <input type="radio"/> weniger gut ausgeprägt <input type="radio"/> schlecht <input type="radio"/> überhaupt nicht <p>süßliche Note:</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> stark † <input type="radio"/> gut <input type="radio"/> weniger gut ausgeprägt <input type="radio"/> schlecht <input type="radio"/> überhaupt nicht 	<ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> sehr gut <input type="radio"/> gut † <input type="radio"/> mittelmäßig † <input type="radio"/> schlecht <input type="radio"/> sehr schlecht

		<p>dumpfe, staubige Note:</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> stark † <input type="radio"/> gut <input type="radio"/> weniger gut ausgeprägt <input type="radio"/> schlecht <input type="radio"/> überhaupt nicht <p>Zitrus Note:</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> stark † <input type="radio"/> gut <input type="radio"/> weniger gut ausgeprägt <input type="radio"/> schlecht <input type="radio"/> überhaupt nicht 	
7		<p>grüne, stängelige Noten:</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> stark † <input type="radio"/> gut <input type="radio"/> weniger gut ausgeprägt <input type="radio"/> schlecht <input type="radio"/> überhaupt nicht † <p>florale,blumige Noten:</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> stark † <input type="radio"/> gut <input type="radio"/> weniger gut ausgeprägt <input type="radio"/> schlecht <input type="radio"/> überhaupt nicht <p>süßliche Note:</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> stark † <input type="radio"/> gut <input type="radio"/> weniger gut ausgeprägt <input type="radio"/> schlecht <input type="radio"/> überhaupt nicht <p>dumpfe, staubige Note:</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> stark † <input type="radio"/> gut <input type="radio"/> weniger gut ausgeprägt <input type="radio"/> schlecht <input type="radio"/> überhaupt nicht <p>Zitrus Note:</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> stark † <input type="radio"/> gut <input type="radio"/> weniger gut ausgeprägt <input type="radio"/> schlecht <input type="radio"/> überhaupt nicht 	<ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> sehr gut <input type="radio"/> gut † <input type="radio"/> mittelmäßig † <input type="radio"/> schlecht <input type="radio"/> sehr schlecht

8

grüne, stängelige Noten:

- stark †
- gut
- weniger gut ausgeprägt
- schlecht
- überhaupt nicht

florale,blumige Noten:

- stark †
- gut
- weniger gut ausgeprägt
- schlecht
- überhaupt nicht

süßliche Note:

- stark †
- gut
- weniger gut ausgeprägt
- schlecht
- überhaupt nicht

dumpfe, staubige Note:

- stark †
- gut
- weniger gut ausgeprägt
- schlecht
- überhaupt nicht

Zitrus Note:

- stark †
- gut
- weniger gut ausgeprägt
- schlecht
- überhaupt nicht

- sehr gut
- gut †
- mittelmäßig †
- schlecht
- sehr schlecht

Verkostung 8.11.

Name:	
Prüfer Nr:	

Prüfanleitung: 1. Auf dem Prüfplatz befinden sich einzelne Auszüge der Holunderblüte.

Die Prüfproben sind in der angegebenen Reihenfolge zu prüfen.

2. Bitte verkostet die Holunderblütenextrakte (Geruch und Geschmack) nach den jeweiligen Attributen und quantifiziert diese, von nicht wahrnehmbar bis zu stark ausgeprägt, in der 10cm Skala.

Nr	Beschreibung
Saft 161	frisch, grün, grasig nicht wahrnehmbar ----- stark ausgeprägt
	grün-stängelig - Holunderrinde nicht wahrnehmbar ----- stark ausgeprägt
	grün-gärrige-schwefelige Noten nicht wahrnehmbar ----- stark ausgeprägt
	florale, rosenartige Noten: nicht wahrnehmbar ----- stark ausgeprägt
	Zitrusnote: nicht wahrnehmbar ----- stark ausgeprägt
	typisch Holunderblüte

	<p>nicht wahrnehmbar ----- stark ausgeprägt</p>
Saft 202	<p>frisch, grün, grasig</p> <p>nicht wahrnehmbar ----- stark ausgeprägt</p> <p>grün-stängelig - Holunderrinde</p> <p>nicht wahrnehmbar ----- stark ausgeprägt</p> <p>grün-gärrige-schwefelige Noten</p> <p>nicht wahrnehmbar ----- stark ausgeprägt</p> <p>florale, rosenartige Noten:</p> <p>nicht wahrnehmbar ----- stark ausgeprägt</p> <p>Zitrusnote:</p> <p>nicht wahrnehmbar ----- stark ausgeprägt</p> <p>typisch Holunderblüte</p> <p>nicht wahrnehmbar ----- stark ausgeprägt</p>
Saft 477	<p>frisch, grün, grasig</p> <p>nicht wahrnehmbar ----- stark ausgeprägt</p> <p>grün-stängelig - Holunderrinde</p> <p>nicht wahrnehmbar ----- stark ausgeprägt</p>

grün-gärrige-schwefelige Noten

nicht wahrnehmbar |-----| stark ausgeprägt

florale, rosenartige Noten:

nicht wahrnehmbar |-----| stark ausgeprägt

Zitrusnote:

nicht wahrnehmbar |-----| stark ausgeprägt

typisch Holunderblüte

nicht wahrnehmbar |-----| stark ausgeprägt

Saft 368

frisch, grün, grasig

nicht wahrnehmbar |-----| stark ausgeprägt

grün-stängelig - Holunderrinde

nicht wahrnehmbar |-----| stark ausgeprägt

grün-gärrige-schwefelige Noten

nicht wahrnehmbar |-----| stark ausgeprägt

florale, rosenartige Noten:

nicht wahrnehmbar |-----| stark ausgeprägt

Zitrusnote:

nicht wahrnehmbar |-----| stark ausgeprägt

typisch Holunderblüte

nicht wahrnehmbar |-----| stark ausgeprägt

<p>Saft 937</p>	<p>frisch, grün, grasig</p> <p>nicht wahrnehmbar ----- stark ausgeprägt</p> <p>grün-stängelig - Holunderrinde</p> <p>nicht wahrnehmbar ----- stark ausgeprägt</p> <p>grün-gärrige-schwefelige Noten</p> <p>nicht wahrnehmbar ----- stark ausgeprägt</p> <p>florale, rosenartige Noten:</p> <p>nicht wahrnehmbar ----- stark ausgeprägt</p> <p>Zitrusnote:</p> <p>nicht wahrnehmbar ----- stark ausgeprägt</p> <p>typisch Holunderblüte</p> <p>nicht wahrnehmbar ----- stark ausgeprägt</p>
<p>868</p>	<p>frisch, grün, grasig</p> <p>nicht wahrnehmbar ----- stark ausgeprägt</p> <p>grün-stängelig - Holunderrinde</p> <p>nicht wahrnehmbar ----- stark ausgeprägt</p> <p>grün-gärrige-schwefelige Noten</p> <p>nicht wahrnehmbar ----- stark ausgeprägt</p> <p>florale, rosenartige Noten:</p> <p>nicht wahrnehmbar ----- stark ausgeprägt</p>

Zitrusnote:

nicht wahrnehmbar |-----| stark ausgeprägt

typisch Holunderblüte

nicht wahrnehmbar |-----| stark ausgeprägt

542

frisch, grün, grasig

nicht wahrnehmbar |-----| stark ausgeprägt

grün-stängelig - Holunderrinde

nicht wahrnehmbar |-----| stark ausgeprägt

grün-gärrige-schwefelige Noten

nicht wahrnehmbar |-----| stark ausgeprägt

florale, rosenartige Noten:

nicht wahrnehmbar |-----| stark ausgeprägt

Zitrusnote:

nicht wahrnehmbar |-----| stark ausgeprägt

typisch Holunderblüte

nicht wahrnehmbar |-----| stark ausgeprägt

Napping Technique vom 13.10.

Name:	
Prüfer Nr:	

Prüfanleitung:

Auf dem Prüfplatz befindet sich ein Blatt Papier in DIN A2 Format und verschiedene Extrakte.

Zwischen den einzelnen Extrakten sollen Ähnlichkeiten oder Unterscheidungsmerkmale gefunden und auf dem vorliegenden Prüfprotokoll beschrieben werden. Wie diese gesetzt werden, bleibt jedem selbst überlassen.

Versucht nun die Extrakte auf dem Blatt Papier nach den Ähnlichkeiten anzuordnen. Je ähnlicher die Säfte nach eurem Empfinden zueinander sind, desto näher sollen sie auf dem Bogen beieinander stehen - je größer die Unterschiede sind, umso weiter sollten sie auf dem Papier voneinander entfernt sein. Schreibt bitte auf das A2 Blatt zu jeder Gruppe das Ähnlichkeitsmerkmal dazu!

Bitte die Gläser auf dem Blatt stehen lassen!

Holundersaft	Beschreibung	Auswertung (x/y)
Saft 868		
Saft 418		
Saft 390		
Saft 924		

Saft 299		
Saft 763		
Saft 904		
Saft 317		
Saft 751		
Saft 237		
Saft 123		
Saft 612		
Saft 581		

A VI Rezepturen

Grünwald'sche Holunderblüten Extrakt-Rezeptur
2400kg frische Holunderblüten
9825kg Wasser
2040kg Zucker
120kg Zitronensäure
15kg Ascorbinsäure

Rezeptur Nicole
50 Blüten (= 400g)
8L Wasser
4500g Zucker
150g Zitronensäure

Kaack-Rezeptur
300g frische Holunderblüten
450g Wasser
750g Zucker
0,15g Ascorbinsäure
0,258g Natriumbenzoat

A VII Veröffentlichungen im Rahmen der Diplomarbeit



DLG-Lebensmitteltage 2011

Abstract-Vorlage:

DLG-Forum „Sensorikwissenschaft & Nachwuchs“, 21. September 2011, Darmstadt

Thema:

Sensorische Methoden

Titel der Arbeit:

Der Duft von Holunderblüten – Sortendifferenzierung mittels sensorischer Methoden

Autoren und Anschriften:

Nicole Pabi¹, Georg Innerhofer², Erich Leitner¹, Barbara Siegmund¹

¹ Technische Universität Graz, Institut für Analytische Chemie und Lebensmittelchemie, Stremayrgasse 9, 8010 Graz, Österreich, www.analytchem.tugraz.at, barbara.siegmund@tugraz.at, Tel: ++43-316-873-32507, Fax: ++43-316-873-1032507

² Landwirtschaftliches Versuchszentrum des Landes Steiermark, Haidegg, Ragnitzstrasse 193, 8047 Graz-Ragnitz, Österreich, www.haidegg.at, georg.innerhofer@stmk.gv.at, Tel: ++43-316-877-6600, Fax: ++43-316-873-6606

Abstract:

Problemstellung

Der Anbau von Holunder (*Sambucus nigra*) hat in den südlichen Regionen Österreichs in den letzten Jahren sehr stark zugenommen. Hauptgrund für den Anbau ist die Holunderbeere, die eine Reihe „bioaktiver“ Inhaltsstoffe enthält und die eine Vielzahl gesundheitsfördernder Eigenschaften aufweist. Über den Duft der Blüten ist hingegen sehr wenig bekannt. Die Frage, ob sich die Blüten unterschiedlicher Holundersorten anhand ihrer sensorischen Profile differenzieren lassen, steht im Mittelpunkt der aktuellen Studie.

Material und Methoden

Holunderblüten von unterschiedlichen Sorten wurden im Stadium der Vollblüte geerntet. Unmittelbar nach dem Reiben der Blüten wurden wässrige Auszüge zubereitet und bis zur weiteren Verwendung tiefgekühlt. Zur sensorischen Beurteilung der sortenreinen Holunderblütenauszüge wurden zwei sensorische Methoden eingesetzt: (i) klassische quantitativ-deskriptive Analyse (QDA[®]) und (ii) Napping Technique[®]. Alle sensorischen Prüfungen wurden unter standardisierten Bedingungen im Prüflabor unter Einsatz eines geschulten Prüfpanels durchgeführt.

Ergebnisse und Diskussion

Die Blüten mit dem sehr feinen floralen, leicht zitrusartigen Duft sind sehr fragil, so dass die Notwendigkeit der Zubereitung von standardisierten wässrigen Auszügen gegeben war. Die Optimierung der Extraktion, die unmittelbare Aufarbeitung der Blüten und Lagerung der Auszüge im tiefgekühlten Zustand über einen Zeitraum von wenigen Wochen garantierten, dass sich die sensorischen Eigenschaften der Blüten in den wässrigen Auszügen widerspiegeln. Die Ergebnisse der QDA[®] der Holunderblütenauszüge sollen zeigen, ob sich Holunderblüten unterschiedlicher Sorten anhand ihrer sensorischen Profile unterscheiden lassen. Der methodische Vergleich QDA[®] zu Napping Technique[®] liefert Aussagen darüber, inwieweit die Ergebnisse der klassischen Profilierungstechniken mit den Ergebnissen, die man aus neuen, deutlich schnelleren sensorischen Methoden erhält, korrelieren.

Schlussfolgerungen und Empfehlungen

In vielen Holunderblütenprodukten, die auf dem Markt zu finden sind, werden jene Holunderblüten verarbeitet, die gerade auf dem Markt verfügbar sind, ohne Rücksicht auf die Sorte nehmen zu können. Neben methodischen Aspekten liefert diese Arbeit auch erste Aussagen darüber, ob es Holundersorten gibt, die aufgrund der sensorischen Eigenschaften der Blüten besser für die Produktion von Holunderblütenprodukten geeignet sind als andere.

