

**Hochschule Neubrandenburg**  
**Fachbereich Agrarwirtschaft und Lebensmittelwissenschaften**  
Studiengang Lebensmitteltechnologie  
SS 2024

# **Analytische und sensorische Charakterisierung des Hochschulbieres**

**Bachelorarbeit**

Verfasserin: Annalena Berndt

Betreuer: Prof. Dr. Michael Sandmann

Prof. Dr. Marco Ebert

URN: urn : nbn : de : gbv : 519-thesis: 2024-0050-2

Neubrandenburg, 27.06.2024



## Abstract

This thesis investigates the chemical, analytical, and sensory characteristics of the "Campus Bräu," a beer developed by students and published by the University of Applied Sciences Neubrandenburg. The chemical analyses, such as alcohol content and bitter units, were all performed according to MEBAK (Central European Brewing Analysis Commission). To identify and quantify the aromas, gas chromatography with mass spectrometry (GC-MS) was used. To differentiate the "Campus Bräu" from established beers, Radeberger Pilsner was analyzed as well. The sensory attributes were confirmed through descriptive tests, using methods such as Check-All-That-Apply and Rate-All-That-Apply. The results show detailed aroma profiles and sensory properties of both beers, confirming the fruity character of the "Campus Bräu."

## Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung .....	4
2. Grundlagen .....	4
2.1 Chemische Analysen nach MEBAK .....	4
2.2 Gaschromatografie .....	6
2.3 Bieraromen .....	7
2.4 Sensorische Schnellmethoden .....	9
3. Material und Methoden .....	10
3.1 Chemische Analysen .....	10
3.2 Aromenanalyse mit GC-MS .....	12
3.3 Sensorik .....	16
4. Ergebnisse .....	19
4.1 Chemische Analyse .....	19
4.2 Aromenanalyse mit GC-MS .....	21
4.3 Sensorik .....	25
5. Diskussion .....	35
6. Zusammenfassung .....	36
7. Literatur .....	37
8. Abbildungsverzeichnis .....	39
9. Anhang .....	40
Erklärung über die selbstständige Anfertigung der Arbeit .....	43

## 1. Einleitung

Die Hochschule Neubrandenburg hat pünktlich zur 775-Jahr-Feier der Stadt Neubrandenburg ein eigenes Bier auf den Markt gebracht. Die Rezeptur wurde von Studierenden entwickelt, genauso wie ein Marketingkonzept. Wegen der begrenzten Kapazitäten der Hochschule wurde das Bier in Berlin gebraut und abgefüllt (Hochschule Neubrandenburg, 2023). Aber was zeichnet dieses von Studierenden entwickelte Bier aus und was unterscheidet es zum Beispiel vom etablierten Radeberger Pilsner? In der nachfolgenden Arbeit wird das Campus Bräu chemisch analysiert und wichtige Parameter wie der Alkoholgehalt und die Stammwürze bestimmt. Um den Geschmack beschreiben zu können, werden mithilfe der Gaschromatografie und anschließender Massenspektrometrie die Aromen detektiert und Konzentrationen berechnet. Ob diese Aromen sich auch sensorisch widerspiegeln, wurde mit einer einfachen beschreibenden Prüfung ermittelt. Attribute werden gesammelt, welche im Anschluss mittels der Check-All-That-Apply und Rate-All-That-Apply Methoden in Vorkommen und Intensität bestätigt werden sollen. Am Ende können genaue Aussagen über die Aromenzusammensetzung und die sensorischen Produkteigenschaften der untersuchten Biere gemacht werden. Auch die wichtigsten chemischen Parameter vom Campus Bräu können nach den Standards der Mitteleuropäischen Brautechnischen Analysekommision bestimmt werden.

## 2. Grundlagen

### 2.1 Chemische Analysen nach MEBAK

Die mitteleuropäische brautechnische Analysekommision kurz MEBAK e.V. hat 2012 die wichtigsten Methoden zur Bier-, Würze- und Biermischgetränkeanalyse in einer Methodensammlung zusammengefasst. Diese dienen als Grundlage für die Laboranalysen von Bier im Labor der Darguner Brauerei. Im nachfolgenden werden untergärige Biere analysiert, dessen Eigenschaften wurden von der MEBAK wie folgt definiert.

Tabelle 1: Eigenschaften untergäriger Biere (MEBAK, 2012)

<b>Eigenschaften</b>	<b>Bereiche</b>
Stammwürze [% Plato]	10-14
Alkoholgehalt [%v/v]	3,5-5,5
Bittereinheiten [BE]	10-40
CO <sub>2</sub> -Gehalt [g/l]	4,9-5,2
Trübung [EBC]	4-16
VDK [mg/l]	<0,1

Die iso- $\alpha$ -Säuren sind die wichtigsten Bitterstoffe, die in Bier enthalten sind. Um den Gehalt an iso- $\alpha$ -Säuren in Bier zu bestimmen, wird eine Bierprobe angesäuert und mit iso-Oktan versetzt. Die Bitterstoffe werden in die organische Phase extrahiert. Um den Gehalt zu berechnen, können nun die Extinktionen in einem Photometer bei 275 nm von reinem iso-Oktan und der entstandenen organischen Phase gemessen werden. (MEBAK, 2012)

Auch die Jodzahl kann mithilfe eines Photometers gemessen werden. Durch die Zugabe von Ethanol zur Bierprobe werden höhere Dextrine und Stärke ausgefällt. Anschließend kann der Niederschlag abzentrifugiert werden und in destilliertem Wasser oder Phosphatpuffer gelöst werden. Bei nachfolgender Zugabe von Iodlösung reagieren die wieder gelösten Dextrine und Stärke je nach Molekulargewicht und Verzweigungsgrad zu einer roten bis blauen Lösung. Die Farbintensität wird bei 578 nm photometrisch gemessen und daran die Iodzahl berechnet (MEBAK, 2012).

Ein wichtiges Qualitätsmerkmal für Bier ist Gehalt an gelöstem Kohlendioxid. Bei geringem CO<sub>2</sub>-Gehalt kann das Bier schal schmecken und auch die Schaumbildung kann vermindert sein. Der CO<sub>2</sub>-Gehalt einer Flasche kann von einem CO<sub>2</sub>-Messgerät ermittelt werden, im Nachfolgenden wird sich auf ein Gerät der Firma Steinfurth bezogen. Dies besteht aus einer drehbaren Kammer, in der eine Flasche befestigt werden kann. Der Kronkorken einer Glasflasche wird beim Einspannen von einem Sensor durchstoßen. Durch das Rotieren der Flasche über Kopf wird ein Lösungsgleichgewicht zwischen der Flüssig- und Gasphase des Bieres hergestellt. Mithilfe des Sensors werden die Produkttemperatur und der Innendruck in der Flasche gemessen. Aus diesen Werten berechnet das System mittels einer bierspezifischen Formel den CO<sub>2</sub>-Gehalt (MEBAK, 2012).

Ein weiterer Parameter von Bier ist die Trübung. Im Bier können kleine unlösliche Partikel sein, die das einfallende Licht streuen und es dadurch trüb erscheint (Staudt, 2016). Der Trübungsgrad kann mithilfe eines Trübungsmessgerätes ermittelt werden. Zum Beispiel das Lab Scat Turbidity Meter der Firma Sigrist, welches über ein Wasserbad verfügt, in welches die Bierprobe gestellt wird, um die Interferenz zu verkleinern. Der Messprozess erfolgt durch Einstrahlung von Streulicht in 2 Winkeln, bei 25° und 90° (MEBAK, 2012).

Bei der Gärung entstehen außerdem Vicinale Diketone (VDK), eine weitere Gruppe von Geschmackskomponenten. Während des Hefestoffwechsels werden in der Hauptgärung 2-Acetolat und 2-Acetoxyhydroxybutyrat gebildet. Durch oxidative Decarboxylierung werden aus diesen Zwischenprodukten Diacetyl und 2,3-Pentandion (MEBAK, 2012). Spektralphotometrisch kann die VDK-Konzentration bestimmt werden durch die Zugabe von

o-Phenylendiamin, es wird 2,3-Dimethylchinoxalin gebildet (Hach Lange GmbH, 2017). Die Überwachung der VDK-Konzentration kann helfen Anzeichen für bakterielle Infektionen oder inkorrekte Gärung zu erkennen, welche auch Einfluss auf die Geschmacksentwicklung im Bier haben. Denn ab einer Konzentration von 0,1 mg/l verursacht Diacetyl ein Fehlroma (Büchi Labortechnik GmbH).

Weitere Eigenschaften von Bier lassen sich mit einem Dichtemessgerät bestimmen, unter anderem der Alkoholgehalt und die Stammwürze. Es gibt verschiedene Arten von Dichtemessgeräten, im Folgenden wird sich auf ein elektronisches Dichtemessgerät der Firma Anton Paar bezogen, welches im Labor der Darguner Brauerei verwendet wird. Diese Messgeräte beruhen auf dem Biegeschwingerprinzip. Die flüssige Probe wird eingesogen in ein U-förmiges Glasrohr, welches mechanisch zum Schwingen angeregt wird. Auch die Flüssigkeit, hier die Probe, wird in Schwingungen versetzt und ändert dadurch die Eigenfrequenz des Rohres. Je höher die Dichte der Flüssigkeit ist, umso größer ist die Masse des gefüllten U-Rohres und umso länger dauert eine Einzelschwingung. Anhand der Frequenz der Schwingung berechnet das Gerät die Dichte. Das Volumen des U-Rohres ist definiert und ermöglicht somit die kontinuierliche Messung im Durchfluss. Auch die Temperatur der Probe wird kontinuierlich gemessen. Ausgehend von der Dichte kann die Stammwürze und der Alkoholgehalt automatisch vom Messgerät berechnet werden (Aprentas, 2017).

## 2.2 Gaschromatografie

Chromatografie ist ein Trennverfahren, welches auf der Trennung von Stoffgemischen zwischen 2 unterschiedlichen Phasen, mobile und stationäre Phase, beruht. Durch die Trennung des Stoffgemisches, der Probe, liegen die einzelnen Substanzen isoliert vor und können so quantitativ und qualitativ nachgewiesen werden. In der Gaschromatografie ist die mobile Phase ein Gas. Die stationäre Phase kann ein poröser Feststoff oder eine meist hochviskose Flüssigkeit sein. An der stationären Phase strömt die mobile Phase vorbei, die zu trennenden Moleküle werden unterschiedlich lange von der stationären Phase absorbiert und im Anschluss desorbiert. Dies führt zu einer substanzspezifischen Verzögerung, die Substanzen werden voneinander getrennt und können am Detektor einzeln detektiert werden. Ein Gaschromatograph verfügt über einen Injektor, eine temperaturprogrammierbare Ofeneinheit mit darin befindlicher Trennsäule und einem Detektor (Böcker, 1997).

Die Analyse von Bieraromen kann mittels Gaschromatografie erfolgen. Dafür wird die Dampfphaseanalyse, auch Headspace Analysis genannt, verwendet. Bei dieser Methode wird nur der Gasraum über der Probe zur Analyse verwendet, nur die flüchtigen Komponenten gelangen auf die Säule. Da die Trennsäule sehr empfindlich ist, sollten keine salzhaltigen oder Schwebstoffbelastete Proben direkt auf die Säule gegeben werden. Die Dampfphaseanalyse dient daher der Vorreinigung, jedoch ohne die Zusammensetzung der flüchtigen Komponenten zu verfälschen. Für diese Analysemethode wird die flüssige Probe in ein Probegefäß, auch Vial genannt, gegeben und luftdicht mit einem Deckel mit Silikonmitte verschlossen. Mithilfe eines Temperaturprogrammes wird die Probe konditioniert, es wird ein Gleichgewicht der flüchtigen Stoffe zwischen Flüssigkeit und Gasraum erreicht. Im Anschluss kann eine gasdichte Spritze durch das Silikon des Deckels stechen und aus dem Gasraum die Probe entnehmen. Um eine Kondensation an der Spritze zu vermeiden wird diese beheizt. Im Anschluss wird die Probe im einem bestimmten Splitverhältnis auf die Säule injiziert (Böcker, 1997).

Als Detektor kann ein Massenspektrometer mit der Gaschromatografie verbunden werden. Sie kann zur Strukturaufklärung einzelner Substanzen eingesetzt werden sowie zur Identifizierung und Quantifizierung von Stoffen in komplexen Matrices. Detektiert werden Bruchstücke von Molekülen, die durch Elektronenstoßionisationen entstehen. Diese Bruchstücke sind für jedes Molekül typisch weshalb sich Rückschlüsse auf die Molekülstruktur ziehen lassen. Die ermittelten Molekülmassen und Spektren können im Anschluss mit einer Datenbank abgeglichen werden. Somit wird der Stoff identifiziert und die Menge quantitativ bestimmt (Böcker, 1997).

### 2.3 Bieraromen

Im Verlauf der Gärung entstehen durch Stoffwechselaktivitäten von Hefe neben Ethanol diverse leichtflüchtige und aromaintensive Stoffe. Aus Aminosäuren werden höhere Alkohole gebildet durch Transaminierungsreaktionen der entsprechenden  $\alpha$ -Ketonsäuren sowie durch Reduktion und Decarboxylierung. Als Stoffwechselprodukte der Hefe werden intrazellulär Ester gebildet, durch enzymatisch katalysierte Reaktionen der Alkohol-Acetyl-Transferase und Gärungsalkoholen. Auch durch den verwendeten Hopfen kommen Aromen in das Bier, zum Beispiel Linalool oder Geraniol (MEBAK, 2012).

Die Aromastoffe können in untergärigen Bieren in 6 chemische Stoffklassen unterteilt werden: Alkohole, Ester, organische Säuren, Aldehyde, Ketone und schwefelhaltige Verbindungen. Zur vereinfachten Übersicht sind nachfolgend alle fruchtigen Aromen orange hinterlegt, alkoholische blau und Fehlparomen grau.

Tabelle 2: ausgewählte Aromastoffe untergäriger Biere

Stoffe	Relevante Referenzwerte (MEBAK, 2012)	Aromabeschreibung (Aberl, 2015)
Alkohole		
Ethanol		Alkoholisch
2-Methyl-1-propanol	5-20 mg/l	Alkoholisch
3-Methyl-1-butanol	30-70 mg/l	Alkoholisch, süßlich
1-Propanol	5-20 mg/l	Alkoholisch
2-Phenylethanol	8-40 mg/l	Rosig, süßlig
1-Hexanol		Kokosartig, grüne Blätter
1-Heptanol		Kokosartig, unangenehm
2-Ethyl-1-Hexanol		Rosenartig
1-Octanol		Kokosartig, wallnussartig, ölig
1-Decanol		Kokosartig, wallnussartig, ölig, ranzig
2-Decanol		Kokosartig, wallnussartig, ölig
2-Nonanol		Kokosartig
1-Udecanol		Kokosartig
2-Udecanol		Kokosartig, süßlich
2-Dodecanol		Kokosartig, bananenartig
2-Furanmethanol		Holzig
2,3-Butandiol		Süßlich, diacetyl
Linalool		Floral, zitrusartig
Ester		
Essigsäure-Hexylester		Süßlich, aromatisch
Essigsäure-Heptylester		Fruchtig, floral, holzig
Hexansäure-Ethylester	0,05-0,3 mg/l	Apfelartig, anisartig
Essigsäure-Ethylester		Fruchtig
Essigsäure-Phenylester		Rosenartig
Heptansäure-Ethylester		Fruchtig, fettartig
Essigsäure-Octylester		Kokosartig, gemüseartig
Octansäure-Ethylester	0,1-0,5 mg/l	Apfelartig, süßlich, fruchtig

Buttersäure-Ethylester	0,05-0,15 mg/l	Apfelartig, süßlich, buttrig, papayaartig
Decansäure-Ethylester	0,01-0,05 mg/l	Fruchtig, apfelartig, lösemittelartig
Essigsäure-3-methylbutylester		Bananenartig, esterartig
Organische Säuren		
Hexansäure	0,5-2,0 mg/l	Schweißartig, ziegenartig, Fettsäure
Buttersäure		Käsigt, schweißig
Octansäure	2,0-5,0 mg/l	Caprylic, ziegenartig
Essigsäure		Säuerlich, essigartig
Decansäure		Talgig, caprylic

## 2.4 Sensorische Schnellmethoden

Um die zu untersuchenden Biere geschmacklich und geruchlich zu charakterisieren können sensorische Schnellmethoden angewendet werden. Dafür wird kein aufwendig trainiertes Prüfpanel benötigt, auch weniger trainierte Tester können eingesetzt werden. Eine häufigkeitsbasierte Schnellmethode ist Check-All-That-Apply (CATA). Hierbei bekommen die Prüfer eine Liste mit Merkmalen vorgelegt und sollen die zutreffenden ankreuzen. Dabei variiert die Anzahl der Begriffe je nach Einsatz der Methode. Wird CATA als Ersatz für eine klassische deskriptive Methode verwendet, sollten viele Attribute auf der Liste stehen. Zudem können Antonyme helfen zu erkennen, ob ein Merkmal wirklich nicht vorhanden ist, weshalb es Sinn ergibt gegensätzliche Begriffe einzubauen. Als Grundlage für die Merkmalsauswahl kann ein Aromarad, ein standardisiertes System zur Klassifizierung von Aromastoffen, dienen. Sie können die Prüfenden unterstützen bei der Aromenerkennung sowie -beschreibung und eine eindeutige Sprache für die Aromenbeschreibung darstellen. Es gibt für verschiedene Produktgruppen standardisierte Aromaräder unter anderem für Bier. In der Mitte des Rades befinden sich übergeordnete Aromengruppen, welche zum Äußeren des Kreises präzisiert werden (DLG,2020).

Beim Erstellen des Prüfungsbogen sollte eine zufällige Reihenfolge der Attribute gewählt werden, da sich herausgestellt hat, dass die Prüfenden dazu neigen den ersten Begriffen mehr

Aufmerksamkeit zu schenken. Zudem stellte sich heraus, dass mehr Begriffe angekreuzt werden, wenn die Attribute den Sinnessmodalitäten zugeordnet werden. (Ares und Jäger, 2013)

Die Proben werden mit dreistelligen Zahlen codiert und in zufälliger Reihenfolge gereicht. Um die Beeinflussung der Prüfenden untereinander zu verhindern, sollten sich die Personen in voneinander getrennten Prüfkabinen befinden. Ein solches Sensoriklabor wird in der DIN 10962 beschrieben. Jede Prüfkabine muss die gleichen Testbedingungen für jede Person gewährleisten. Dazu zählen die Lichtverhältnisse sowie neutrale Farben, Temperatur und Luftfeuchtigkeit. Die Prüfenden sollten außerdem während der Verkostung nicht durch Lärm oder Fremdgerüche gestört werden. (Busch-Stockfisch, 2015)

Eine Variante von CATA ist das Verfahren Rate-all-that-apply (RATA). Hierbei werden nur Attribute vorgegeben, die auf die jeweilige Probe zutreffen. Diese sollen nach ihrer Intensität bewertet werden auf einer Skala von 1 (schwache Intensität) bis 3 (starke Intensität). (DLG, 2020)

Zur Auswertung können verschiedene Test durchgeführt werden, um die Signifikanz in den Ergebnissen zu prüfen. Dafür kann unter anderem XLSTAT als Auswertungssoftware verwendet werden, welches anhand der Prüferantworten die Wahrscheinlichkeiten berechnet und grafische Darstellungen erzeugt.

### 3. Material und Methoden

#### 3.1 Chemische Analysen

Für die chemischen Analysen durfte ich das Labor sowie die Materialien der Darguner Brauerei verwenden. Es wurden die zwei zudem Zeitpunkt existierenden Chargen des Campus Bräus, ein Lagerbier mit Pilscharakter, analysiert:

Tabelle 3: analysierte Chargen

Charge	Chargennummer	MHD
09	221227CZ0201	23.09.23, 13:02
12	230321CZ0201	16.12.23, 10:16

Die Analysen wurden am 24.10.2023 durchgeführt, zu diesem Zeitpunkt war das Mindesthaltbarkeitsdatum der einen Charge um einen Monat überschritten. Da zu diesem Zeitpunkt nur diese zwei Chargen zur Verfügung standen wurde die abgelaufene Charge

trotzdem untersucht. Geruchlich und geschmacklich unterschied sich diese nicht merklich von der anderen Charge.

Folgende Parameter wurden untersucht: Bittereinheiten, Iodzahl, CO<sub>2</sub>-Gehalt, Trübung, Alkoholgehalt, Stammwürze und Diacetylgehalt. Für jede Charge erfolgt eine Doppelbestimmung.

Die Bittereinheiten wurden nach MEBAK untersucht. Dafür werden 10 ml Bierrprobe in ein Zentrifugenglas überführt und mit 20 ml Iso-Octan und 0,5 ml 5 N Salzsäure versetzt. Anschließend wird das Gemisch 15 min bei 260 Schwingungen pro Minute maschinell geschüttelt. Um die Phasentrennung zu verbessern, werden die Gläser für 6 min bei 3800 Umdrehungen pro Minute in die Zentrifuge gestellt, diese Werte wurden nach Erfahrung der täglichen Analysendurchführung im Darguner Labor ausgewählt. Die organische Phase wird in eine Quarzküvette pipettiert und im Photometer der Firma Hach Lange bei 275 nm die Extinktion gemessen. Als Nullwert dient reines Iso-Octan.

Auch die photometrische Jodprobe wurde nach MEBAK durchgeführt. 10 ml Bierprobe werden mit 40 ml Ethanol in einem Zentrifugenglas pipettiert und 10 min bei 260 Schwingungen pro Minute maschinell geschüttelt. Nachfolgend wird das Gemisch 5 min bei 2500 Umdrehungen pro Minute zentrifugiert und anschließend wird das Ethanol vorsichtig abdekantiert. Um die Ethanolreste abtropfen zu lassen, werden die Gläser 5 min über Kopf hingestellt bevor sie mit 20 ml destilliertem Wasser aufgefüllt werden. Die Gläser werden wieder 10 min bei 260 Schwingungen pro Minute maschinell geschüttelt und 5 min bei 2500 Umdrehungen pro Minute zentrifugiert. Zur Einstellung des Photometers wird zunächst der Nullwert mit 10 ml destilliertem Wasser in einer 20 ml Küvette bei 578 nm bestimmt sowie die Extinktion nach Zugabe von 0,5 ml 0,02 N Jodlösung gemessen. Für die Probenmessung werden erst 10 ml Probe und danach diese Probe mit 0,5 ml der Jodlösung versetzt und gemessen. In der Literatur laut MEBAK wird anstelle von destilliertem Wasser ein Phosphatpuffer verwendet, jedoch hat sich in dem Brauereilabor gezeigt, dass der Versuch auch mit destilliertem Wasser gelingt.

Der CO<sub>2</sub>-Gehalt der Bierflaschen wurde mithilfe des CO<sub>2</sub> Measuring System der Firma Steinfurth gemessen. Dafür wird die Bierflasche in das Messgerät eingespannt, ein Sensor durchsticht den Kronkorken und die Flasche wird 120-mal überkopf gedreht. Es wird der sich aufbauende Druck und die Temperatur gemessen und das Gerät berechnet anhand des ausgewählten Programmes „Bier“ den CO<sub>2</sub>-Gehalt in der Flasche.

Die Trübung wird mithilfe des Lab Scat Turbidity Meter der Firma Sigrist gemessen. Dabei wird Streulicht mit der Wellenlänge LED 650 nm bei 90° und 25° verwendet und die Messung erfolgt in einem Wasserbad, um die Interferenz möglichst gering zu halten. Das Bier sollte für diesen Versuch einen geringen CO<sub>2</sub>-Gehalt aufweisen, da aufsteigende Blasen in der Probe die Messung beeinflussen. Auch diese Messprozedur entspricht laut Hersteller den MEBAK-Standards.

Für die Bestimmung des Gesamtgehaltes der vicinalen Diketone (VDK) werden 100 ml Bierprobe mit einem Tropfen Entschäumer in das Probenglas eingewogen. Für die anschließende Dampfdestillation wird das Probenglas in ein Dampfdestillationsgerät der Firma Büchi eingespannt und für 3 min bei 75 % Dampfleistung destilliert. Das Destillat wird in einem 25 ml Messkolben aufgefangen. Zur Bestimmung des Diacetylgehaltes im Bereich von 0,015-0,5 mg/kg wird ein Küvetten-Test LCK 242 der Firma Hach verwendet. Dafür werden 4 ml Destillat in die Küvette überführt, die Küvette wird verschlossen und geschüttelt. Dies dient als Nullwert für die Probe, der Barcode an der Küvette wird vom Photometer der Firma Hach eingelesen die Extinktion bei 335 nm gemessen. Daraufhin werden die im Deckel der Küvette befindlichen Chemikalien in die Lösung gegeben und wieder geschüttelt. Nach 5 min wird wieder die Extinktion gemessen und der VDK-Gehalt vom Photometer berechnet.

Mithilfe des Dichtemessgerätes DMA 4500M der Firma Anton Paar kann die Stammwürze sowie der Alkoholgehalt bestimmt werden. Dafür wird die Bierprobe durch 2 Faltenfilter mit Kieselgur filtriert um mögliche Feststoffe aufzufangen und das Filtrat in ein Probegefäß gefüllt. Aus diesem Gefäß saugt sich das Messgerät automatisch die Probenmenge ein. Als Blindwert und zum Spülen werden nach jeder Probe 3 Proben bidestilliertes Wasser gemessen.

### 3.2 Aromenanalyse mit GC-MS

Für die Aromaanalyse müssen die Bierproben zunächst vorbereitet werden. Verwendet wurden je 3 Flaschen Campus Bräu mit der Chargennummer 230321CZ0201 und Radeberger mit der Chargennummer L0510R12216. Dafür werden 100 ml Bier in einen Rundkolben überführt und für 1 min in ein Ultraschallbad gestellt, um den CO<sub>2</sub>-Gehalt zu senken. Anschließend wird die Probe in einem geschlossenen Gefäß bei 4 °C gelagert. Um zu verhindern, dass flüchtige Aromen aus der Probe verloren gehen wird das Gefäß zusätzlich mit Parafilm abgedichtet. Die Messungen erfolgen mit einer gesättigten Kochsalz-Probenlösung, da sich dadurch die

Aufspaltung der Peaks verbessert. Dafür werden 10 Vials vorbereitet, in jedes werden 2 g NaCl eingewogen.

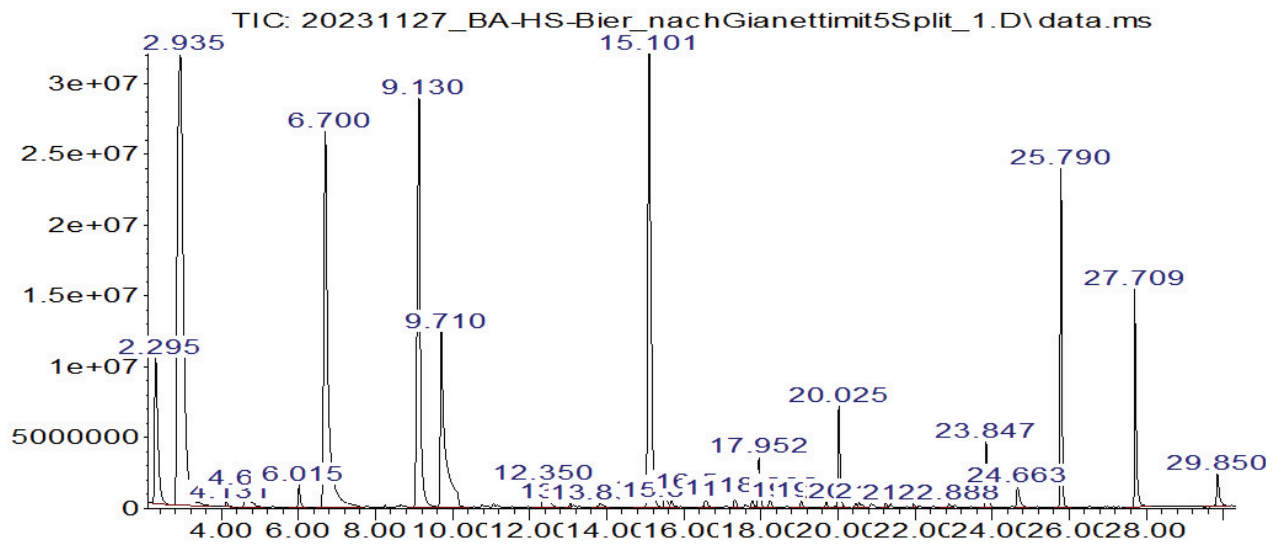
Tabelle 4: Einwaage NaCl

Vials	Masse NaCl in g
1	2,0006
2	2,0003
3	2,0008
4	2,0005
5	2,0004
6	2,0008
7	2,0003
8	1,9998
9	2,0001
10	2,0003
Mittelwert	2,0004
Standardabweichung	0,0003

Es wurden ein Vorversuch durchgeführt, um die Auflösung der Peaks zwischen einem 5er Split und einem 10er Split zu vergleichen. Alle Messungen wurden an dem Agilent Technologies 7890B GC-System kombiniert mit einem Agilent Technologies 5977A MSD und einem MultiPurpose Sampler durchgeführt. Es wird eine DB-WAX Säule mit den Maßen 30 m x 250 µm x 0,25 µm eingesetzt, deren Temperaturrahmen bei 0 °C- 250 °C liegt. Der Druck beträgt 7,0699 psi und die Flussrate 1 ml/min. Das verwendete Ofenprogramm setzt sich aus mehreren Stufen zusammen. Zuerst wurde die Probe bei 40 °C injiziert und 3 min bei dieser Temperatur gehalten. Anschließend wurde die Temperatur um 5 °C/min erhöht. Sind 150 °C erreicht erhöht sich der Temperaturanstieg auf 15 °C /min. Zum Schluss wird beim Erreichen der 200 °C die Temperatur für 2 min gehalten. Bei einem Split von 5 beträgt die injizierte Probenmenge 5 ml/min. Die Gesamtdauer einer Messung beträgt 30,33 min, die vorangehende Extraktion in den Vials 8 min.

Die gewählten Einstellungen wurden bis auf den Split für jede Messung beibehalten.

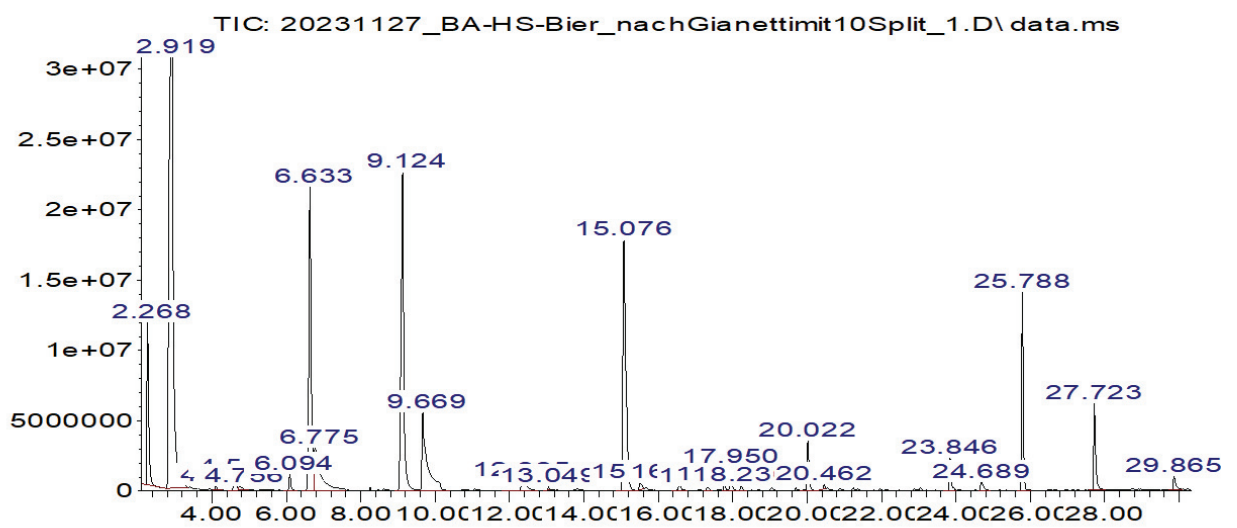
Abundance



Time-->

Abbildung 1: 5er Split Campus Bräu

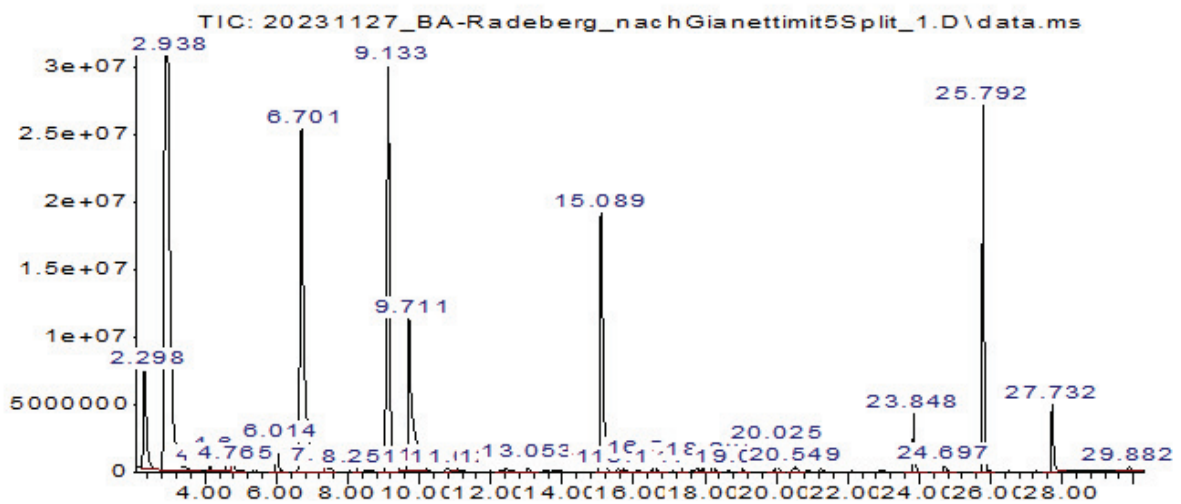
Abundance



Time-->

Abbildung 2: 10er Split Campus Bräu

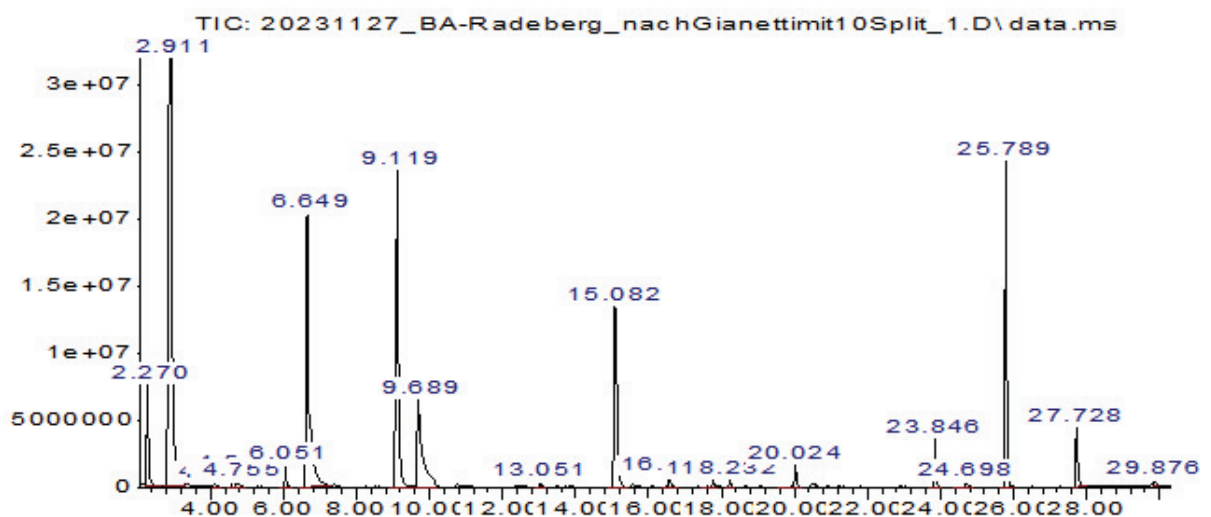
Abundance



Time-->

Abbildung 3: 5er Split Radeberger

Abundance



Time-->

Abbildung 4: 10er Split Radeberger

Aus den Ergebnissen der Vorversuche wurde sich für einen 5er Split bei den Messungen entschieden, da die Auflösung besser ist und teilweise mehr Aromen detektiert wurden.

Für die anschließenden Messungen wurden jeweils 3 Flaschen Campus Bräu sowie Radeberger aus einer Charge hintereinander mit einem 5er Split gemessen. Betrachtet werden nur gefundene Stoffe mit einer hohen Qualität ( $\leq 80$ ). Diese wurden der NIST Datenbank entnommen.

Zu folgenden 18 Stoffen liegt eine Kalibriergleichung zur quantitativen Bestimmung der Konzentration vor.

Tabelle 5: Kalibrierung GCMS

Nr	Substanz	Formel	Bestimmtheitsmaß R <sup>2</sup>
1	Ethylacetat	$y = 32246x$	0,9275
2	Buttersäure-Ethylester	$y = 590398x$	0,9937
3	1-Propanol	$y = 3349,8x$	0,9822
4	2-Methyl-1-Propanol	$y = 7095x$	0,9295
5	3-Methyl-1-Butanol	$y = 38941x$	0,9221
6	Hexansäure-Ethylester	$y = 7 \cdot 10^6 x$	0,9691
7	1-Hexanol	$y = 156274x$	0,9126
8	Octansäure-Ethylester	$y = 6 \cdot 10^6 x$	0,9211
9	1-Heptanol	$y = 3 \cdot 10^6 x$	0,9381
10	2-Ethyl-1-Hexanol	$y = 5 \cdot 10^6 x$	0,993
11	Linalool	$y = 9 \cdot 10^6 x$	0,9574
12	1-Octanol	$y = 1 \cdot 10^7 x$	0,9908
13	Decansäure-Ethylester	$y = 3 \cdot 10^7 x$	0,9554
14	Furfurylalkohol	$y = 47504x$	0,9676
15	a-Terpineol	$y = 2 \cdot 10^6 x$	0,9277
16	Hexansäure	$y = 93882x$	0,949
17	2-Phenylethanol	$y = 68631x$	0,9116
18	Octansäure	$y = 231617x$	0,9274

### 3.3 Sensorik

Es wurden 6 Personen zum Testen ausgewählt, alle haben Erfahrungen im Bereich Sensorik, es wurde aber keine gezielte Panelschulung für diese Verkostung durchgeführt. Alle Tests finden im Sensoriklabor der Hochschule Neubrandenburg statt, welches den Anforderungen der DIN-Norm 10962 entspricht. Es bietet 12 Kabinen, welche von der Mitte des Raumes mit den Proben bestückt werden können.

Insgesamt finden 3 Verkostungen statt bei denen jeweils 2 Proben Radeberger und 2 Proben Campus Bräu getestet werden. Beim ersten Treffen sollen die Testende eine einfach beschreibende Prüfung durchführen. Jeder Prüfende erhält ein Aromarad als Hilfe für die Beschreibung.



Tabelle 6: Prüfbogen CATA

		Probennummer			
	<b>Merkmalseigenschaft</b>				
Geruch	Herb				
	Fruchtig				
	Blumig				
	Zitrusartig				
	Alkoholisch				
	Gärig				
	Hefeartig				
Geschmack	Bitter				
	Säuerlich				
	Furchtig				
	Herb				
	Malzig				
	Hefenartig				
	Grasartig				

Nach CATA wird eine 20-minütige Pause eingelegt und danach RATA durchgeführt. Für den Prüfbogen von RATA wird während der Pause CATA ausgewertet sodass dieser anhand der Ergebnisse erstellt werden kann. Auf dem Prüfbogen für RATA sollen die Tester die Intensität der jeweiligen Eigenschaft mit Zahlen bewerten. Dabei steht die 1 für eine schwache Intensität, die 2 für eine mittlere Intensität und die 3 für eine starke Intensität.

Tabelle 7: Prüfbogen RATA

		Probennummer			
	<b>Merkmalseigenschaft</b>				
Geruch	Herb				
	Fruchtig				
	Blumig				
	Zitrusartig				
Geschmack	Bitter				
	Säuerlich				
	Furchtig				
	Herb				

#### 4. Ergebnisse

##### 4.1 Chemische Analyse

Tabelle 8: Ergebnisse Laboranalysen Dargun

				Trübung [EBC]				
<b>Charge 09</b>	Bittereinheiten [BE]	Jodzahl	CO <sub>2</sub> -Gehalt [g/l]	25°	90°	VDK [mg/kg]	Alkoholgehalt [%v/v]	Stammwürze [% Plato]
	13,4	0,977	5,12	23,1	14,9	0,063	4,50	11,13
	13,6	0,965	5,04	23,6	15,3	0,061	4,49	11,16
<b>Mittelwert</b>	13,5	0,971	5,08	23,4	15,1	0,062	4,50	11,15
Standardabweichung	0,1	0,006	0,04	0,25	0,2	0,001	0,005	0,015
				Trübung [EBC]				
<b>Charge 12</b>	Bittereinheiten [BE]	Jodzahl	CO <sub>2</sub> -Gehalt [g/l]	25°	90°	VDK [mg/kg]	Alkoholgehalt [%v/v]	Stammwürze [% Plato]
	13,5	0,952	4,93	13,2	7,43	0,068	4,86	11,89
	13,5	0,961	4,97	13,3	7,46	0,066	4,82	11,83
<b>Mittelwert</b>	13,5	0,957	4,95	13,25	7,45	0,067	4,84	11,86
Standardabweichung	0	0,0045	0,02	0,05	0,015	0,001	0,02	0,03

In der Tabelle werden die ermittelten Ergebnisse für die beiden Chargen des Campus Bräus zusammengefasst. Die Charge 09, welche zum Analysezeitpunkt bereits über dem Mindesthaltbarkeitsdatum lag, unterscheidet sich nur gering von der Charge 12. Die Bittereinheiten stimmen in beiden Chargen überein mit 13,5 BE und haben nur eine geringe

Standardabweichung. Auch die Jodzahlen sind ähnlich in beiden Chargen und unterscheiden sich nur um 0,014. Generell lässt sich sagen, dass die Standardabweichungen der Doppelbestimmungen für jede Eigenschaft sehr gering sind. Daraus kann auf eine sichere und genaue Durchführung und Gestaltung der Analysen schließen. Leichte Unterschiede lassen sich bei dem Kohlenstoffdioxid-Gehalt der beiden Chargen erkennen. In der Charge 09 sind mit 5,08 g/l mehr CO<sub>2</sub> enthalten als in der Charge 12. Jedoch handelt es sich nur um eine geringe Differenz von 0,13 g/l. Größere Unterschiede zeigten sich bei der Trübungsmessung, die Charge 09 ist deutlich trüber als die Charge 12. Zurückführen könnte man diesen Unterschied auf die Haltbarkeitsdaten der Chargen, es könnten sich aufgrund des höheren Alters der Charge 09 bereits Eiweißablagerungen gebildet haben, welche das Bier zusätzlich trüben. Die Vicinalen Diketone sind in beiden Chargen nur gering vorhanden, weshalb es zu keinem Fehl aroma im Geschmack führen sollte. Der Alkoholgehalt des Campus Bräus ist auf den Flaschen mit 5,2 vol.% ausgezeichnet. In beiden Chargen zeigte sich jedoch ein deutlich niedriger Alkoholgehalt von 4,5 vol.% sowie 4,8 vol.%. Auch hier sind die Standardabweichungen der Doppelbestimmungen relativ gering, weshalb sich nicht auf einen Messfehler schließen lässt. Der Gehalt an Alkohol ist somit in beiden Chargen zu niedrig. Die Stammwürzen der beiden Chargen folgen dem Trend des Alkoholgehaltes, in der Charge 12 findet sich eine höhere Stammwürze an als in Charge 09. Da die Stammwürze maßgeblich den Alkoholgehalt beeinflusst, passen die Werte sehr gut zusammen. Die Charge 09 hat eine geringere Stammwürze und somit den geringeren Alkoholgehalt.

Tabelle 9: Gegenüberstellung der Chargen

	Charge 09	Charge 12	Mittelwerte
Bittereinheiten [BE]	13,5	13,5	13,5
Jodzahl	0,971	0,957	0,964
CO <sub>2</sub> -Gehalt [g/l]	5,08	4,95	5,02
Trübung [EBC] 25°	23,35	13,25	18,3
Trübung [EBC] 90°	15,1	7,45	11,27
VDK [mg/kg]	0,062	0,067	0,065
Alkoholgehalt [%v/v]	4,5	4,84	4,67
Stammwürze [% Plato]	11,15	11,86	11,51

Insgesamt lässt sich sagen, dass die beiden Chargen in vielen Punkten übereinstimmen und sich das Campus Bräu mit diesen Werten beschreiben lässt. Nur der Alkoholgehalt sollte mit der

zuständigen Brauerei besprochen werden, um mögliche Ursachen herauszufinden. Im Allgemeinen liegt das Campus Bräu, welches als Helles Pilsartiges Bier beschrieben wird genau in den Richtwerten für ein Lagerbier. Der CO<sub>2</sub>-Gehalt ist sogar noch nach Erreichen des Mindesthaltbarkeitsdatum hoch und sorgt so für ein gutes Mundgefühl und keinen schalen Geschmack.

#### 4.2 Aromenanalyse mit GC-MS

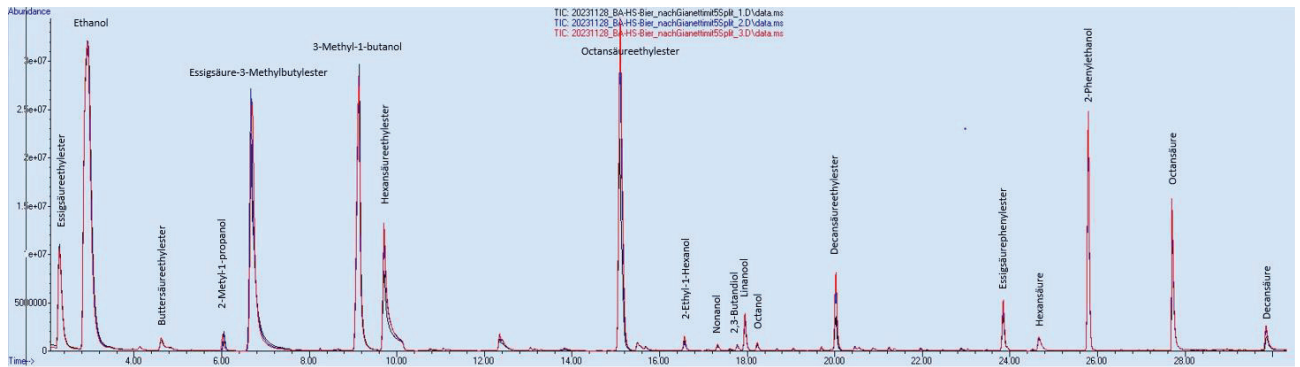


Abbildung 6: GCMS Chromatogramm vom Campus Bräu

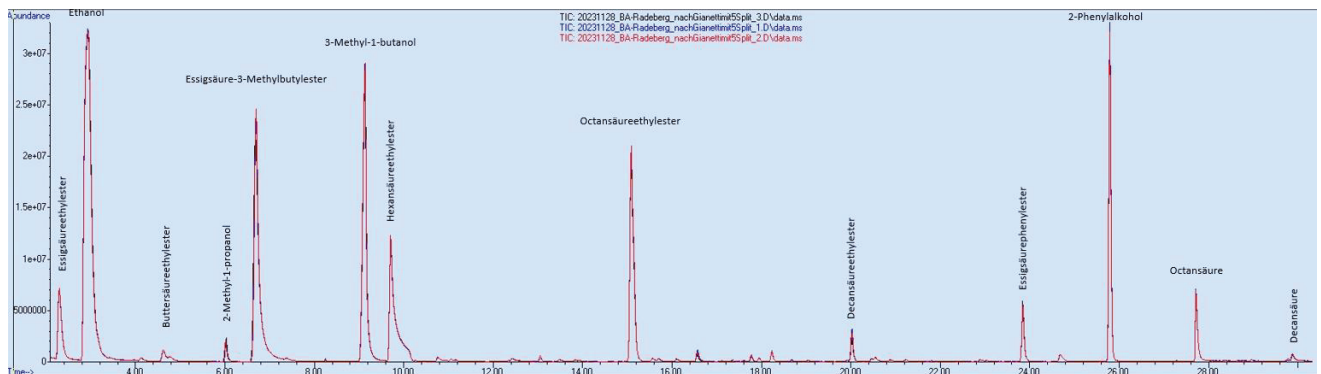


Abbildung 7: GCMS Chromatogramm vom Radeberger

Die Abbildungen 6 und 7 zeigen die Chromatogramme der Bierproben, die drei Messungen werden jeweils in einem Diagramm dargestellt. Anhand der Überlagerung lässt sich erkennen, dass die 3 Messungen jeweils gut übereinstimmen. Im Anhang sind die Chromatogramme aller Messungen einzeln dargestellt. Es lässt sich anhand der Abbildungen erkennen, dass die Peakflächen vom Octansäureethylester sowie vom Linalool beim Campus Bräu deutlich größer sind. Dies lässt auf eine höhere Konzentration dieser Stoffe schließen im Vergleich zum Radeberger. Ein weiterer deutlicher Unterschied lässt sich bei den Peakflächen von 2-Phenylalkohol erkennen, der Peak ist deutlich höher bei dem Radeberger. Die restlichen Peakflächen ähneln sich, die Unterschiede können dort genauer durch die nachfolgenden Berechnungen betrachtet werden.

Es wurden 19 typische Aromastoffe detektiert, welche in beiden Bieren jeweils in mindestens 2 von 3 Messungen zu finden waren.

Tabelle 10: Detektierte Aromastoffe in beiden Biersorten

<b>Aromastoffe in beiden Bieren</b>	<b>Aromabeschreibung</b>
Ethanol	Alkoholisch
2-Metyl-1-propanol	Alkoholisch
3-Methyl-1-butanol	Alkoholisch, süßlich
2-Ethyl-1-Hexanol	Rosenartig
1-Octanol	Kokosartig, wallnussartig, ölig
2-Phenylethanol	Rosig, süßlich
Essigsäure-3-Methylbutylester	Bananenartig, esterartig
Hexansäureethylester	Apfelartig, anisartig
Octansäureethylester	Apfelartig, süßlich, fruchtig
Decansäureethylester	Fruchtig, apfelartig, lösemittelartig
Essigsäureethylester	Fruchtig
Linalool	Floral, zitrusartig
Essigsäurephenylester	Rosenartig
2-Furanmethanol	Holzige
2,3-Butandiol	Süßlich, Diacetyl-Fehlaroma
Buttersäureethylester	käsige, schweißig
Hexansäure	Schweißartig, ziegenartig, Fettsäure
Octansäure	Ranzig, ziegenartig
Decansäure	Talgig, ziegenartig

Die meisten dieser Substanzen haben fruchtige Aromen, einige verfügen über einen alkoholischen Charakter und manche können zu Fehlaromen führen. Es wurden 6 fruchtige Ester detektiert und 3 Verbindungen die hauptsächlich alkoholisch wahrzunehmen sind. 5 Substanzen haben in Bier ungewünschte Aromen, darunter auch 2,3-Butandiol, welches als Fehlaroma auf inkorrekte Gärung hinweisen kann.

Im Campus Bräu wurden 7 Stoffe detektiert, welche im Radeberger nicht zu finden waren. Davon sind 6 Substanzen langkettige Alkohole, welche im Aroma als kokosartig beschrieben

werden. Die Essigsäure kann für einen säuerlichen aber auch essigartigen Geruch und Geschmack sorgen.

Tabelle 11: Detektierte Aromastoffe nur im Campus Bräu

<b>Aromastoffe nur im Campus Bräu</b>	<b>Aromabeschreibung</b>
2-Nonanol	Kokosartig
1-Decanol	Kokosartig, wallnussartig, ölig, ranzig
2-Decanol	Kokosartig, wallnussartig, ölig
1-Undecanol	Kokosartig
2-Undecanol	Kokosartig, süßlich
2-Dodecanol	Kokosartig, bananenartig
Essigsäure	Säuerlich, essigartig

Im Radeberger zeigten sich 7 Substanzen, die im Campus Bräu nicht vorhanden sind. Dabei handelt es sich um 4 fruchtig süßliche Ester und 3 Alkohole.

Tabelle 12: Detektierte Aromastoffe nur im Radeberger

<b>Aromastoffe nur im Radeberger</b>	<b>Aromabeschreibung</b>
Essigsäure-Hexylester	Süßlich, aromatisch
Essigsäure-Heptylester	Fruchtig, floral, holzig
Essigsäure-Octylester	Kokosartig, gemüseartig
Heptansäure-Ethylester	Fruchtig, fettig
1-Propanol	Alkoholisch
1-Hexanol	Kokosartig, grüne Blätter
1-Heptanol	Kokosartig, unangenehm

Es kommen in beiden Bieren viele Ester vor, welche für einen fruchtigen Geschmack sowie Geruch sorgen können. Auch ein alkoholischer Geschmack sollte aufgrund der enthaltenen Aromen entstehen.

Anhand der in Tabelle 5 aufgelisteten Kalibriergleichungen konnten die Konzentrationen ausgewählter Stoffe berechnet werden. Dabei wurde für  $y$  jeweils der Mittelwert der 3 Messungen eingesetzt und die Gleichung nach  $x$ , also der Konzentration der Stoffe umgestellt. Im Anhang ist die Tabelle mit den einzelnen Werten und Standardabweichungen zu finden.

Tabelle 13: Ergebnisse Aromenkonzentrationen in den Bieren

Nr	Substanz	Konzentration in mg/l		Referenzkonzentration in mg/l nach Mebak
		Radeberger	Campus Bräu	
1	Essigsäure-Ethylester	12,93	19,40	10-40
2	Hexansäure-Ethylester	0,15	0,14	0,05-0,3
3	Octansäure-Ethylester	0,19	0,27	0,1-0,5
4	Decansäure-Ethylester	0,0030	0,010	0,01-0,05
5	2-Ethyl-1-Hexanol	0,0075	0,009	
6	Linalool	0,0013	0,014	
7	1-Hexanol	0,13	/	
8	1-Heptanol	0,0054	/	
9	1-Octanol	0,0035	0,003	
10	Furfurylalkohol	0,56	0,39	
11	2-Phenylethanol	14,79	11,01	8-40
12	2-Methyl-1-Propanol	11,01	8,44	5-20
13	3-Methyl-1-Butanol	43,99	43,15	30-70
14	1-Propanol	10,54	/	5-20
15	Buttersäure-Ethylester	0,10	0,15	
16	Hexansäure	0,42	0,87	0,5-2
17	Octansäure	0,97	2,04	2-5

Das Radeberger und das Campus Bräu unterscheiden sich in den Konzentrationen von 12 Stoffen deutlich. Hexansäure-Ethylester, 2-Ethyl-1-Hexanol, 1-Octanol, 3-Methyl-1-Butanol sowie Buttersäure-Ethylester sind in beiden Bieren in sehr ähnlichen Konzentrationen vorhanden. Im Campus Bräu sind die Konzentrationen vom zitrusartigen Linalool sowie von denen als fruchtig beschriebenen Substanzen Essigsäure-Ethylester, Octansäure-Ethylester und Decansäure-Ethylester höher als im Radeberger. Dies sollte für einen allgemein fruchtigeren Geschmack des Campus Bräus sorgen. Auch die Konzentrationen der Fehleraromen Hexansäure und Octansäure sind im Hochschulbier höher, liegen aber im Vergleich zu den Referenzkonzentrationen von MEBAK noch im unteren Bereich bei untergärigen Bieren. Generell liegen fast alle gemessenen Werte innerhalb der von MEBAK vorgegebenen Referenzkonzentrationen, was auf die Richtigkeit der Messmethode schließen lässt. Im Radeberger Bier sind mehr Aromen enthalten als im Campus Bräu, die einen kokosartigen

Geschmack bringen können, nämlich 1-Hexanol und 1-Heptanol. 1-Propanol und 2-Methyl-1-propanol sind im Radeberger in einer höheren Konzentration vorhanden als im Hochschulbier, weshalb es alkoholischer schmecken könnte. Auch ein rosiger Geschmack durch Furfurylalkohol und ein holzartiger Geschmack durch 2-Phenylethanol könnte aufgrund der höheren Konzentration im Radeberger ausgeprägter als im Campus Bräu sein. Mengemäßig am meisten vorhanden sind in beiden Bieren der Essigsäure-Ethylester, 3-Methyl-1-Butanol, 2-Methyl-1-Propanol und 2-Phenylethanol. Alle anderen Substanzen sind in deutlich geringeren Mengen detektiert worden.

Anhand der detektierten Substanzen sollten beide Biersorten einen alkoholischen Geschmack vorweisen. Auch fruchtige Aromen sind in beiden Bieren vorhanden, sowie Fehlparfüm. Es zeigen sich auch Unterschiede sowohl in den Konzentrationen als auch in den vorhandenen Stoffen. Demnach sollten sich in den sensorischen Untersuchungen Unterschiede aufzeigen.

#### 4.3 Sensorik

An der einfach beschreibenden Prüfung nahmen 6 geschulte Prüfpersonen teil. Jede Probe wurde zweimal verkostet, weshalb die Attribute jeweils maximal 12-mal genannt werden konnten.

Tabelle 14: Ergebnisse einfach beschreibende Prüfung

	<b>Merkmalseigenschaften</b>	
<b>Merkmal</b>	<b>Campus Bräu</b>	<b>Radeberger</b>
Aussehen	Trüb (12), Schwebstoffe (4), matt (2) gelblich (9), orange (7), dunkelgelb (2), wenig Schaum (7) limonadenartig (2)	Klar (12), glänzend (2) Gelblich (12), hell Schaum (10), feiner Schaum (3) Weißer Schaum, Wässrig (2), Bläschen

Geruch	<p>fruchtig (9),</p> <p>blumig (3), zitrusartig (3),</p> <p>alkoholisch (2), gärig (2), erdbeerartig (2), frisch (2), süßlich (2), hefig (2),</p> <p>orangenartig, leicht hopfenartig, herb, mangoartig, holunderblüte, strohartig, birnenartig, quittenartig, waldfrucht, pflaumenartig</p>	<p>blumig (5),</p> <p>herb (4), würzig (4),</p> <p>malzig (3),</p> <p>hopfenartig (2), gärig (2),</p> <p>alkoholisch (2), holzig (2), hefig (2),</p> <p>röstig, leicht fruchtig, süßlich, säuerlich, muffig, strohartig, warm, quittenartig, grüner Apfel, heuartig, dünn, zitronenartig, strenge Blüten</p>
Geschmack	<p>säuerlich (8),</p> <p>fruchtig (7),</p> <p>leicht bitter (4), süßlich (4),</p> <p>frisch (2), leicht malzig (2), tropisch (2), gärig (2)</p> <p>unausgewogen, strohartig, grasig, dünn, würzig, mangoartig, mild, holunderblüte, zitrusartig, heuartig, erdbeerartig</p>	<p>Bitter (11),</p> <p>herb (5),</p> <p>malzig (3),</p> <p>würzig (2), fruchtig (2), blumig (2), holzig (2),</p> <p>nussig, hefig, säuerlich, süßlich, quittenartig, heuartig, dünn, birnenartig</p>
Mundgefühl	<p>Prickelnd (12),</p> <p>dünn (3), leicht belegend (3),</p> <p>feinperlig (3),</p> <p>schaumig, vollmundig,</p>	<p>Prickelnd (12),</p> <p>belegend (4),</p> <p>herb (3),</p> <p>wässrig (2), vollmundig (2),</p> <p>feinperlig (2)</p> <p>schaumig, frisch</p>

Anhand der einfach beschreibenden Prüfung wurden die Attribute für CATA ausgewählt. Dabei wurde sind auf den Geruch und den Geschmack beschränkt, da dies im Fokus dieser Arbeit liegt. Zudem wurden das Aussehen und das Mundgefühl von den Prüfern sehr ähnlich beschrieben. Das Campus Bier wurde als trüb beschrieben, dies kann auf das bereits überschrittene Mindesthaltbarkeitsdatum zurückzuführen sein, es hatte sich in einigen Flaschen

bereits ein Bodensatz gebildet. Im Gegensatz zum als klar beschriebenen Radeberger wurde auch die Farbe des Campus Bräus als dunkler beschrieben. Die Mehrheit der Testenden empfand es als gelb-orange, wohingegen das Radeberger als hellgelb beschrieben wurde. Des Weiteren wurde beim Hochschulbier weniger Schaum als beim Radeberger angemerkt. Auch dies kann darauf beruhen, dass das Campus Bräu schon abgelaufen war und dadurch weniger Kohlensäure enthielt, als das frische Radeberger. Im Mundgefühl schien dieser Umstand kaum Unterschiede hervorzurufen, alle Proben wurden von allen Testern als prickelnd beschrieben. Beide Biersorten wurden zudem als belegend und feinperlig wahrgenommen, jedoch hatten diese Attribute nur wenige Nennungen. Der Geruch des Hochschulbieres wurde mit 9 Nennungen am Häufigsten als fruchtig benannt. Jeweils 3-mal wurde es als blumig und zitrusartig wahrgenommen. Fünf Nennungen beschrieben fruchtige Aromen, zum Beispiel erdbeerartig oder mangoartig. Auch alkoholische, gärrige aber auch frische, süßliche Noten wurden mit jeweils 2 Nennungen beschrieben. Im Geschmack spiegelt sich die Fruchtigkeit mit 7 Angaben wider. Auch süßlich, leicht bitter und frisch wurden genannt, jedoch wurde hier am Häufigsten das Attribut säuerlich wahrgenommen. Sechs der genannten Merkmalseigenschaften weisen einen fruchtigen Charakter auf, so wurde es unter anderem als tropisch und zitrusartig beschrieben.

Das Radeberger wurde im Gegensatz dazu im Geruch am Häufigsten als blumig wahrgenommen, dicht gefolgt von herb und würzig. Hier wurden nur 4 fruchtige Attribute genannt, dafür wurde es als malzig und hopfenartig beschrieben. Genauso wie das Campus Bräu wurden alkoholisch, gärrig sowie hefig je zweimal genannt. Zudem wurden noch holzige, strohartige Noten gerochen. Auch der Geschmack unterscheidet sich deutlich vom Hochschulbier. Mit 11 Nennungen wurde es nur einmal nicht als bitter beschrieben. Zudem wurde es als herb, malzig und würzig wahrgenommen. Die Attribute fruchtig und blumig spielen auch im Geschmack des Radebergers nur eine kleine Rolle.

Tabelle 15: Häufigkeit Merkmalsnennungen CATA

		Häufigkeit			
		Radeberger		Campus Bräu	
	Merkmal	Probe 266	Probe 478	Probe 820	Probe 931
Geruch	Herb	4	5	0	0
	Fruchtig	3	2	5	5
	Blumig	1	2	5	3
	Zitrusartig	2	2	3	4
	Alkoholisch	3	4	1	1
	Gärig	4	4	3	2
	Hefeartig	3	1	2	1
Geschmack	Bitter	5	5	1	1
	Säuerlich	2	3	5	6
	Fruchtig	2	0	5	5
	Herb	5	5	2	0
	Malzig	2	2	4	3
	Hefeartig	3	2	1	0
	Grasartig	0	1	1	0

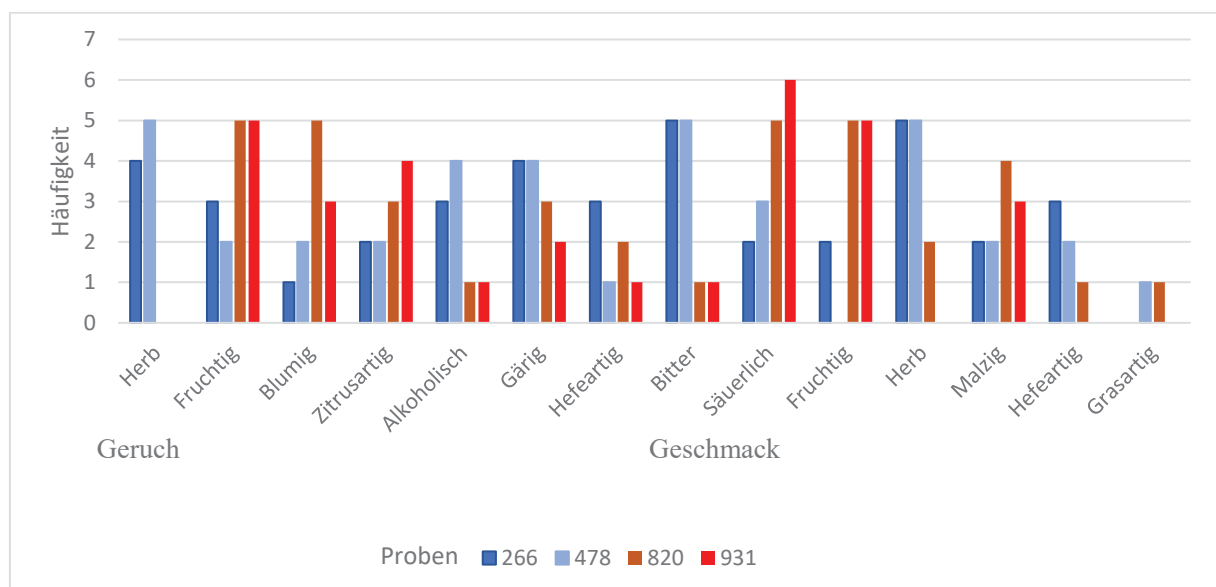


Abbildung 8: Häufigkeiten Merkmalsnennungen CATA

Auch an CATA nahmen 6 geschulte Prüfende teil, 5 davon hatten auch an der einfach beschreibenden Prüfung teilgenommen. Jedes Attribut kann maximal 6-mal angekreuzt werden

sein, dabei entsprechen die blauen Balken den Radebergerproben und die roten den Campus Bräu-Proben. Im Geruch wurde nur das Radeberger als herb wahrgenommen, alle anderen Attribute wurden bei beiden Bieren angekreuzt. Das Campus Bräu wurde öfter als fruchtig, blumig und zitrusartig beschrieben. Ähnlich wurden beide Biere bei den Attributen gärig und hefeartig wahrgenommen, nur als alkoholisch wurde das Radeberger deutlich mehr angekreuzt. Der Geschmack des Radebergers wurde als bitter und herb beschrieben, auch malzig, säuerlich und hefeartig wurden ausgewählt. Das Hochschulbier zeigte einen fruchtig säuerlichen Geschmack, auch malzig wurde von 3 Testenden angekreuzt. Das Attribut grasartig wurde am wenigsten ausgewählt, weshalb es keine Rolle in der weiteren Betrachtung spielt.

Tabelle 16: Conchrans-Q-Test CATA

	Attribute	p-Werte
Geruch	Herb	<b>0,004</b>
	Fruchtig	<b>0,045</b>
	Blumig	0,207
	Zitrusartig	0,629
	Alkoholisch	0,061
	Gärig	0,585
	Hefeartig	0,585
Geschmack	Bitter	<b>0,007</b>
	Säuerlich	0,083
	Fruchtig	<b>0,007</b>
	Herb	0,013
	Malzig	0,194
	Hefeartig	0,223
	Grasartig	0,572

Betrachtet man die p-Werte des Conchrans-Q-Tests zeigt sich, dass nur herb und fruchtig im Geruch und bitter und fruchtig im Geschmack signifikante Unterschiede ( $p < 0,05$ ) aufweisen. Alle anderen Attribute weisen keine Signifikanz auf.

Anhand der Korrespondenzanalysen des Geruchs und Geschmacks lassen sich die unterschiedlichen Bewertungen grafisch wahrnehmen.

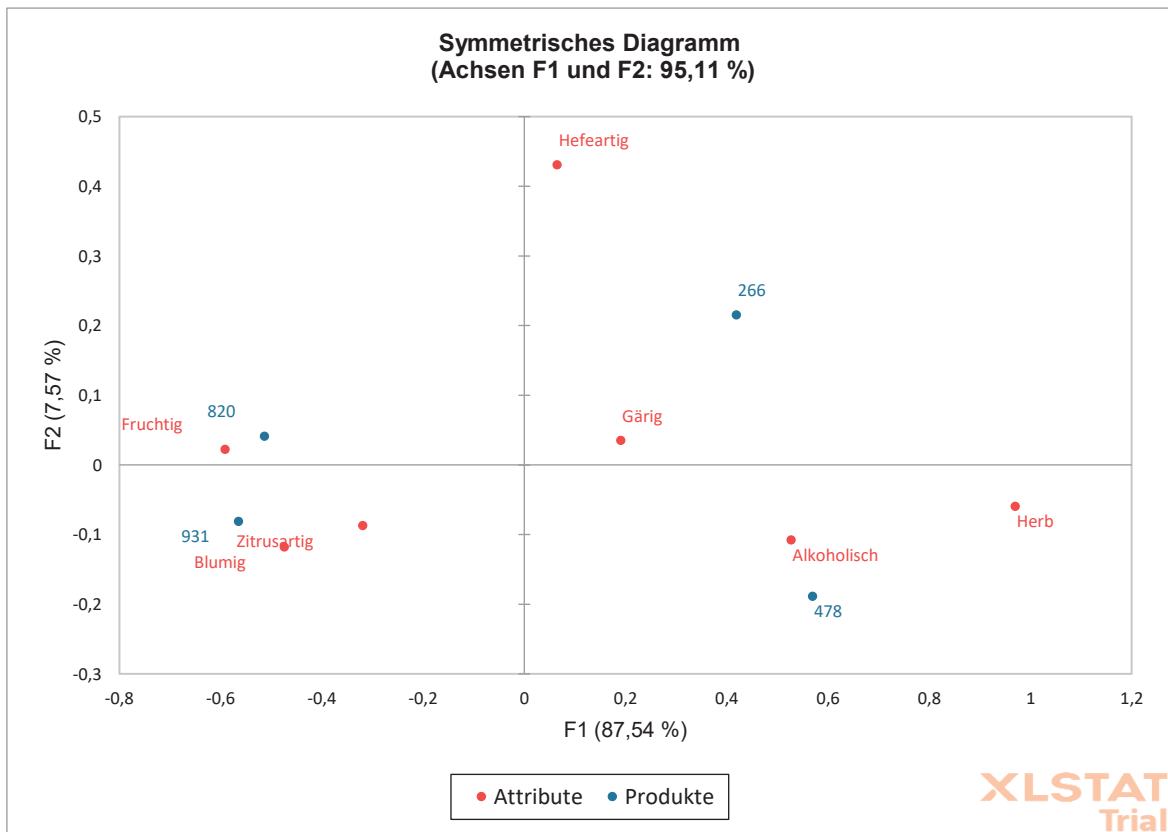


Abbildung 9: Korrespondenzanalyse CATA Geruch

Es lässt sich erkennen, dass die 2 Proben pro Bier nicht genau gleich bewertet wurden. Die Radeberger Proben (266, 478) sind deutlich voneinander entfernt, die Campus Bräu Proben (820, 931) hingegen liegen nah beieinander. Das Campus Bräu liegt bei den furchtigen, zitrusartigen und blumigen Beschreibungen, das Radeberger eher in der Nähe vom alkoholischen herben Geruch.

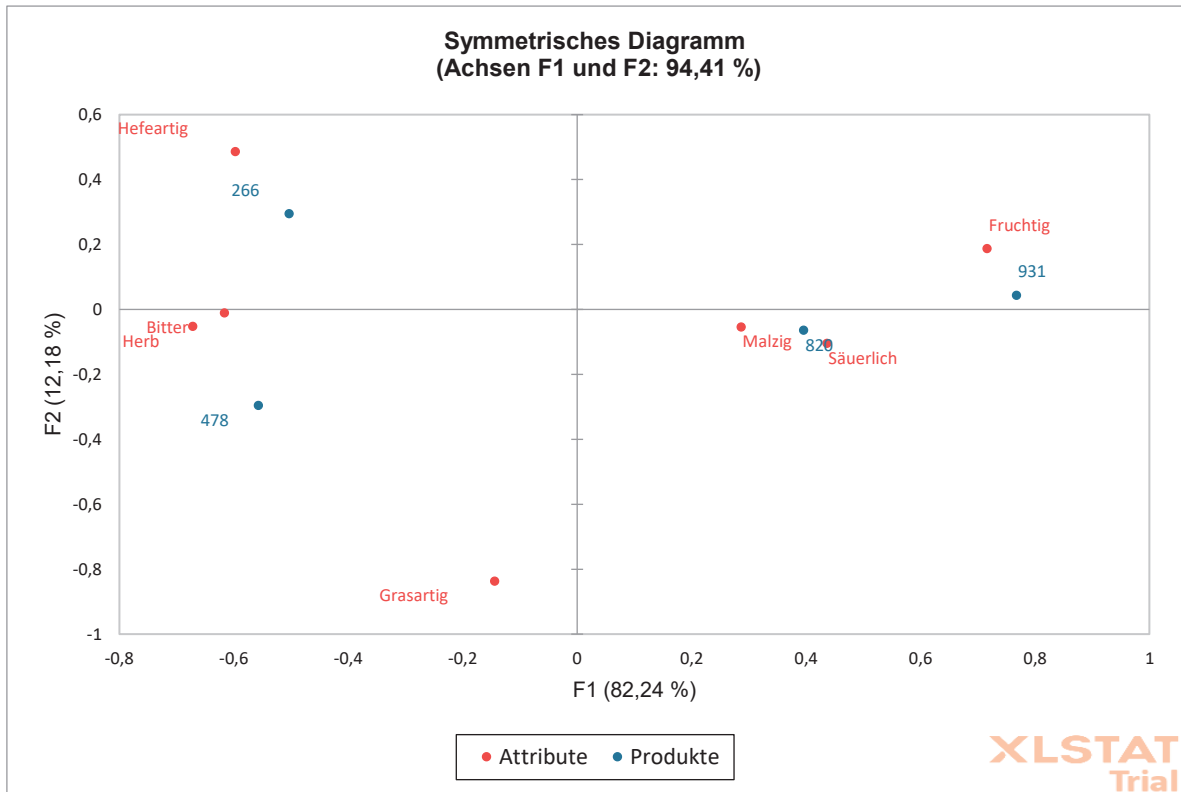


Abbildung 10: Korrespondenzanalyse CATA Geschmack

Auch in der Korrespondenzanalyse im Geschmack zeigen sich deutliche Unterschiede in der Lage der Proben. Auch hier liegen Punkte der Biere nicht genau beieinander, aber das Radeberger liegt wieder in der Nähe des herben bitteren Geschmacks und das Hochschulbier bei fruchtig, säuerlich und malzig. Klar erkennen lässt sich hier, dass das Attribut grasartig nicht auf die Biersorten zutrifft.

Tabelle 17: Zusammenfassung Intensitäten RATA

		Radeberger		Campus Bräu	
Merkmalsausprägung		Probe 266	Probe 478	Probe 820	Probe 931
Geruch	Herb	11	13	4	1
	Fruchtig	2	3	12	12
	Blumig	4	1	8	8
	Zitrusartig	2	2	4	7
Geschmack	Bitter	11	13	4	4
	Säuerlich	5	6	8	6
	Fruchtig	2	1	10	10
	Herb	13	12	3	3

Insgesamt konnte jede Probe maximal 18 Punkte erreichen, wenn jeder Prüfer die Intensität mit 3 bewertet hätte.

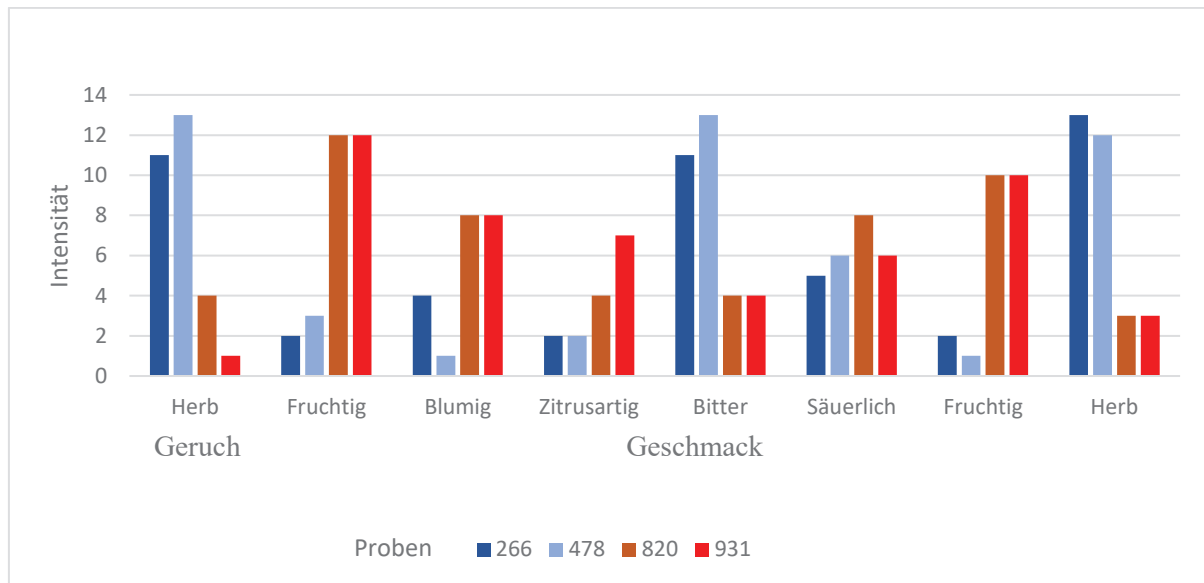


Abbildung 11: Intensitäten RATA

In den Intensitätsbewertungen unterscheiden sich die Biersorten deutlich, das Radeberger zeigt einen herben Geruch, sowie einen bitter herben Geschmack. Das Campus Bräu hingegen hat einen fruchtig blumigen Geruch und einen fruchtigen Geschmack. Das Attribut säuerlich wurde für beide Sorten ähnlich bewertet, obwohl es bei CATA eher dem Campus Bräu zugeschrieben wurde.

Tabelle 18.: ANOVA RATA Zusammenfassung

		Geruch				Geschmack			
		Herb	Fruchtig	Blumig	Zitrusartig	Bitter	Säuerlich	Fruchtig	Herb
<b>R<sup>2</sup></b>		0,662	0,621	0,491	0,416	0,793	0,368	0,758	0,815
<b>F</b>		3,673	3,067	1,810	1,335	7,163	1,090	5,884	8,243
<b>Pr &gt; F</b>		<b>0,014</b>	<b>0,029</b>	0,153	0,299	<b>0,001</b>	0,420	<b>0,002</b>	<b>0,000</b>
<b>Produkt</b>	<b>F</b>	7,963	6,237	3,424	1,754	8,462	0,419	11,034	16,351
	<b>Pr &gt; F</b>	<b>0,002</b>	<b>0,006</b>	0,045	0,199	<b>0,002</b>	0,742	<b>0,000</b>	<b>&lt;0,0001</b>
<b>Prüfer</b>	<b>F</b>	1,0988	1,1649	0,8424	1,0838	6,3846	1,4934	2,7931	3,3784
	<b>Pr &gt; F</b>	0,401	0,371	0,540	0,409	<b>0,002</b>	0,250	0,056	<b>0,030</b>

Die Zusammenfassung der ANOVA von RATA zeigt, dass im Geruch für die Attribute herb und fruchtig eine Signifikanz vorliegt. Auch im Produkt liegt bei diesen Beschreibungen eine

Signifikanz vor, das lässt auf einen statistisch nachweisbaren Unterschied zwischen den Produkten schließen. Im Geschmack sind bitter, fruchtig und herb signifikant, wobei herb sogar hoch signifikant ist. Für das Attribut fruchtig ist auch im Produkt eine Signifikanz nachweisbar. Für die Attribute bitter und herb ist nicht nur im Produkt als auch im Prüfer eine Signifikanz, was auf unterschiedliche Bewertungen durch die Prüfenden hinweist. Dies könnte durch gezielte Schulungen vermieden werden, da die Prüfenden scheinbar diese Attribute unterschiedlich empfindlich wahrnehmen. Für die Beschreibungen blumig, zitrusartig und säuerlich liegen keine Signifikanzen vor.

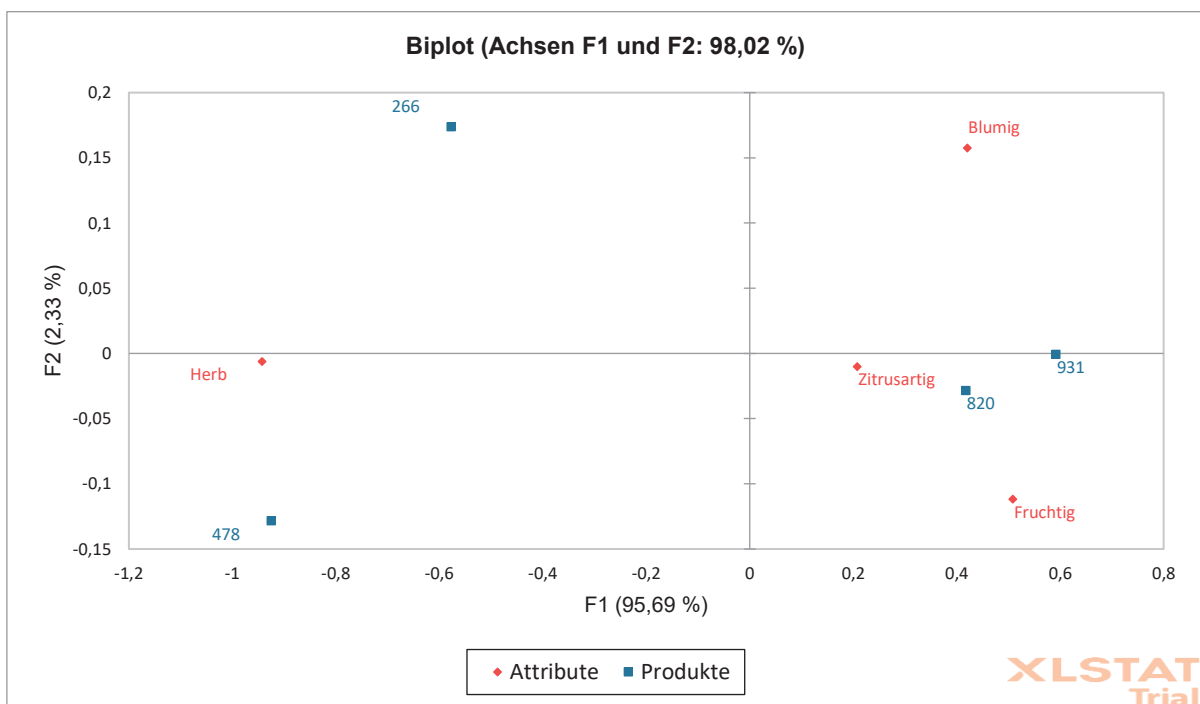


Abbildung 12.: Biplot RATA Geruch

Der Biplot von der RATA Prüfung vom Geruch zeigt auf, dass die Campus Bräu Proben eher zitrusartig, fruchtig und blumig anzusehen sind. Die Radeberger Proben hingegen sind herber, liegen aber weit auseinander, was auf unterschiedliche Bewertungen der 2 gleichen Proben hinweist.

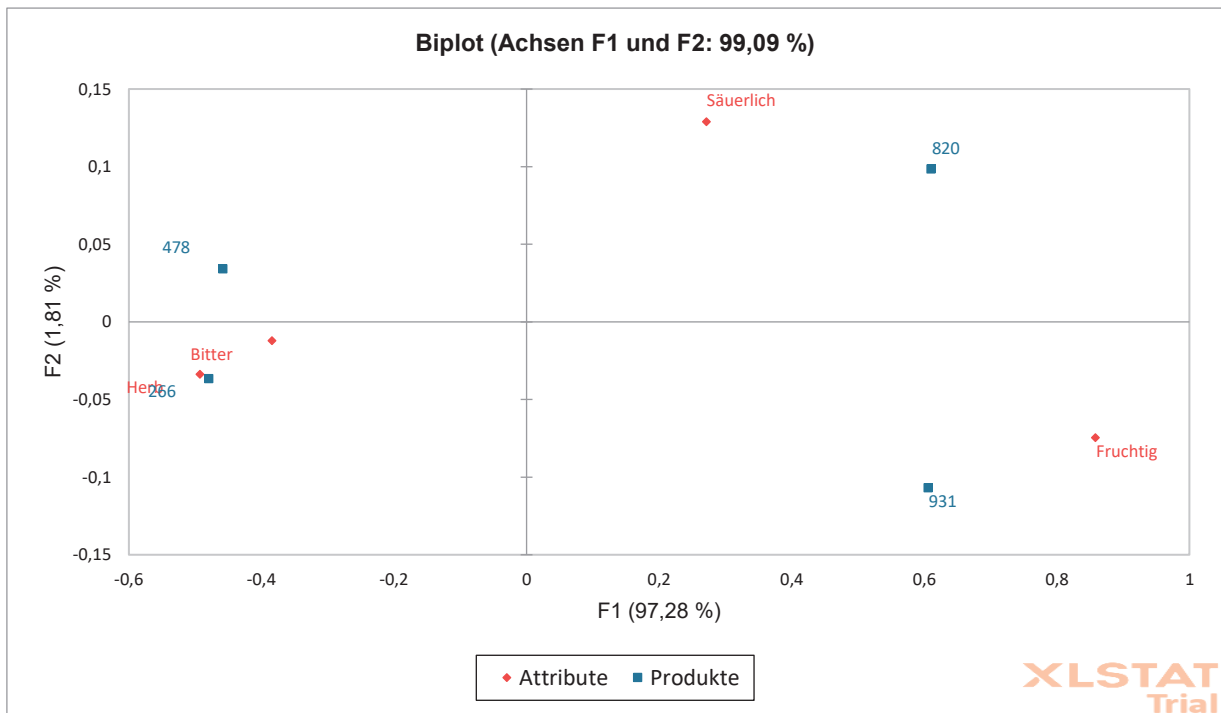


Abbildung 13.: Biplot RATA Geschmack

Im Biplot vom Geschmack hingegen liegen die Radeberger Proben näher beieinander, sehr nah bei den Attributen herb und bitter. Das Hochschulbier ist diesmal deutlich weiter voneinander entfernt, dennoch in der Nähe von fruchtig und säuerlich.

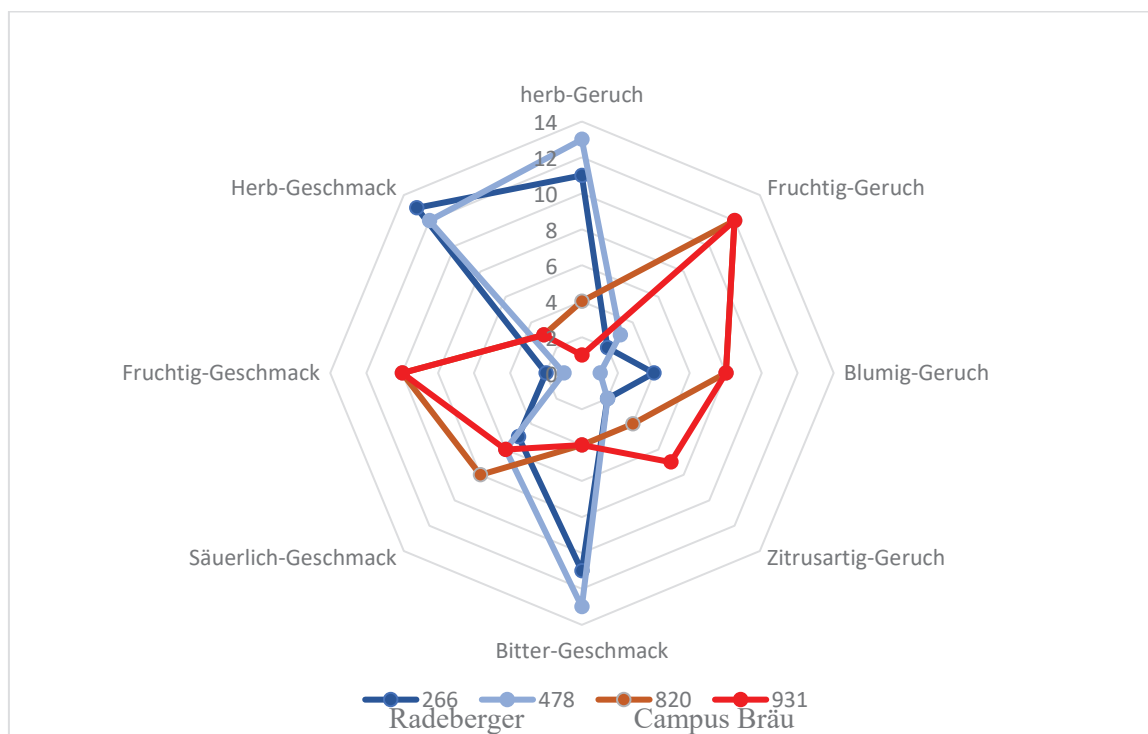


Abbildung 14: Darstellung der Merkmalsausprägungen

Die Darstellung der Merkmalsausprägungen nach der Intensitätsbewertungen von RATA zeigt anschaulich wie unterschiedlich die Biersorten bewertet wurden. Der fruchtige Geschmack und Geruch des Campus Bräus wird deutlich und der dazu im Gegensatz stehende herbe bittere Geschmack des Radeberges.

Mithilfe von CATA konnte ein signifikanter Unterschied bei den Attributen herb und fruchtig beim Geruch und bitter und fruchtig beim Geschmack nachgewiesen werden. Durch RATA konnten die Signifikanzen des herben und fruchtigen Geruchs und fruchtigen Geschmacks bestätigt werden, jedoch zeigte sich bei dem herben und bitteren Geschmack eine Signifikanz unter den Prüfenden.

## 5. Diskussion

Bei der Betrachtung der Ergebnisse muss beachtet werden, dass das Campus Bräu leider bereits abgelaufen war bzw. keine frischen Proben zur Verfügung standen. Das kann einen Einfluss auf alle gemessenen Kriterien haben, nach Überschreitung des Mindesthaltbarkeitsdatums kann sich das Aussehen, der Geruch, der Geschmack und das Mundgefühl ändern. Zur Bestätigung der Ergebnisse dieser Untersuchungen wäre eine Nachprüfung mit neuen Proben sinnvoll, falls dieses Bier nochmal produziert wird. Dies gilt nur für das Campus Bräu, beim Radeberger wurden immer noch haltbare Flaschen verwendet.

Die chemischen Analysen wurden im Labor der Darguner Brauerei durchgeführt, dort werden alle diese Tests täglich mit den dort anfallenden Proben erledigt. Ich selbst habe dort während meines 16-wöchigen Praktikums täglich diese Analysen gemacht und konnte sie daher präzise mit dem Campus Bräu durchführen. Außerdem waren zu jeder Zeit Mitarbeitende des Labors vor Ort und auch die Laborleitung hat die Ergebnisse begutachtet. Daher würde ich diese Ergebnisse als genau einschätzen, was auch durch die jeweiligen Standardabweichungen bestätigt wird.

Für die GC-MS wurden jeweils 2 Blanks vor dem Messbeginn gemacht, sowie vor dem Produktwechsel. Da bei diesem Verfahren fast am Temperaturmaximum der Säule gearbeitet wurde, waren die Blanks nicht ganz sauber. Es waren minimale Peaks erkennbar, welche vielleicht die Peakflächen und die darauf beruhenden Konzentrationsberechnungen beeinflusst haben. Leider lagen nicht zu allen Aromen Kalibrierungen vor, weshalb nicht alle Konzentrationen berechnet werden konnten.

Bei der Sensorik war es leider schwierig geschulte Testende zu finden, weshalb die Untersuchungen am Ende mit je sechs Prüfenden durchgeführt wurden. Dadurch sind nur teilweise signifikante Attribute nachweisbar, aufgrund der geringen Daten.

## 6. Zusammenfassung

Das Campus Bräu ist ein Lagerbier mit Pilscharakter, welches von Studierenden der Hochschule Neubrandenburg entwickelt wurde. Die Untersuchungen dieser Arbeit dienen der analytischen und sensorischen Charakterisierung des in Flaschen abgefüllten Bieres. Zum Vergleich wurde ein etabliertes Pilsner ausgewählt, das Radeberger. Die chemischen Analysen zeigten, dass das Campus Bräu eine Stammwürze von 11,5 % Plato hat. Der Alkoholgehalt ist nach den Messwerten bei 4,67 vol.%, sollte jedoch laut Bezeichnung auf der Flasche bei 5,2 vol.% liegen. Dies sollte mit der zuständigen Brauerei besprochen werden, um den Grund für diesen Unterschied zu finden. Der CO<sub>2</sub>-Gehalt liegt bei 5 g/l, was für ein prickelndes Mundgefühl sorgt. Mit 13,5 Bittereinheiten hat das Hochschulbier eine geringe Bitternis, welches sich auch sensorisch auswirkt.

Bei der Analyse der im Campus Bräu enthaltenen Aromen zeigten sich viele fruchtige Aromen, aber auch Fehleraromen konnten detektiert werden. Ein alkoholischer Geschmack sollte sich durch die hohe Konzentration von 3-Methyl-1-Butanol ergeben. Im Campus Bräu sind die Konzentrationen vom zitrusartigen Linanool sowie von denen als fruchtig beschriebenen Substanzen Essigsäure-Ethylester, Octansäure-Ethylester und Decansäure-Ethylester höher als im Radeberger. Auch die Konzentrationen der Fehleraromen sind im Hochschulbier höher, ob dies auf das überschrittene Mindesthaltbarkeitsdatum zurückzuführen ist, kann nicht ausgeschlossen werden.

Die sensorischen Untersuchungen unterstreichen den fruchtigen Geruch und Geschmack des Campus Bräus. Hier zeigte sich deutlich, dass das Radeberger im Gegensatz zum Hochschulbier bitter und herb schmeckt. Die Tests können somit den angestrebten Aromen des Campus Bräus bestätigen, welches auf der Hochschulwebsite im Geschmack auch als fruchtig beschrieben wird.

Zusammenfassend zeigen diese Untersuchungen den fruchtigen Charakter des Campus Bräus auf und unterstreicht den nur leicht bitteren und herben Geschmack.

## 7. Literatur

Aberl, A.: Methodenentwicklung der Headspace-Trap-GC-MS Analyse zur schnellen quantitativen Bestimmung flüchtiger Verbindungen in Hopfen und Bier. Dissertation TU München, 2015

Aprentas: Laborpraxis Band 2: Messmethoden. 6. Aufl. Basel: Springer, 2017

Ares, G., & Jaeger, S.R.: Check-all-that-apply questions: Influence of attribute order on sensory product characterization. *Food Quality and Preference*, 28, 141-153, 2013

Böcker, J.: Chromatografie. 1. Aufl. Würzburg: Vogel, 1997

Büchi Labortechnik GmbH: Dampfdestillation. [Zugriff am 27.03.2024] Verfügbar unter: <https://www.buchi.com/de/wissen/technologien/dampfdestillation>

Busch-Stockfisch, M.: Sensorik kompakt. 1. Auflage. Hamburg: Behr`s Verlag, 2015

DLG: Derndorfer, Eva: Die sensorische Schnellmethode CATA, 2020 [Zugriff am 26.03.2024] Verfügbar unter: <https://www.dlg.org/de/lebensmittel/themen/publikationen/expertenwissen-sensorik/die-sensorische-schnellmethode-cata-check-all-that-apply>

Flieder, Wilhelmi: Grundlagen und Prüfverfahren der Lebensmittelsensorik. 2. Auflage. Hamburg: Behr`s Verlag, 1993

Hach Lange GmbH: LCK 242 Vicinale Diketone VDK Anleitung Testkit, 2017 [Zugriff am 27.03.2024] Verfügbar unter: <https://de.hach.com/vicinale-diketone-mebak-kuvetten-test-0-015-0-5-mg-kg-diacetyl-25-bestimmungen/product?id=26370260966>

Hochschule Neubrandenburg: Campus Bräu: mehr als nur ein hochschuleigenes Bier, 2023 [Zugriff am 20.03.2024] Verfügbar unter: <https://www.hs-nb.de/hochschule/aktuelles/nachrichten/detail/n/campus-braeu-mehr-als-nur-ein-hochschuleigenes-bier/>

Holt, S.; Miks, M.; Trindade de Carvalho, B.; Foulquié-Moreno, M.; Thevelein, J.: The molecular biology of fruity and floral aromas in beer and other alcoholic beverages. *FEMS Microbiology Reviews*, Ausgabe 43, Seiten 193–222, 2019 Verfügbar unter: <https://doi.org/10.1093/femsre/fuy041>

Jacob, Fritz: MEBAK Brautechnische Analysemethoden – Würze, Bier, Biermischgetränke. 1. Auflage. Freising-Weihenstephan: Selbstverlag der MEBAK, 2012

Koch, J.: Handbuch der Lebensmitteltechnologie – Getränkebeurteilung. 1. Auflage. Stuttgart: Eugen Ulmer GmbH & CO, 1986

Schmelzle, A.: Bier-Aromarad. 2. Aufl. Geisenheim, 2013 Verfügbar unter: <http://bieraromarad.de/index-Dateien/Page343.htm>

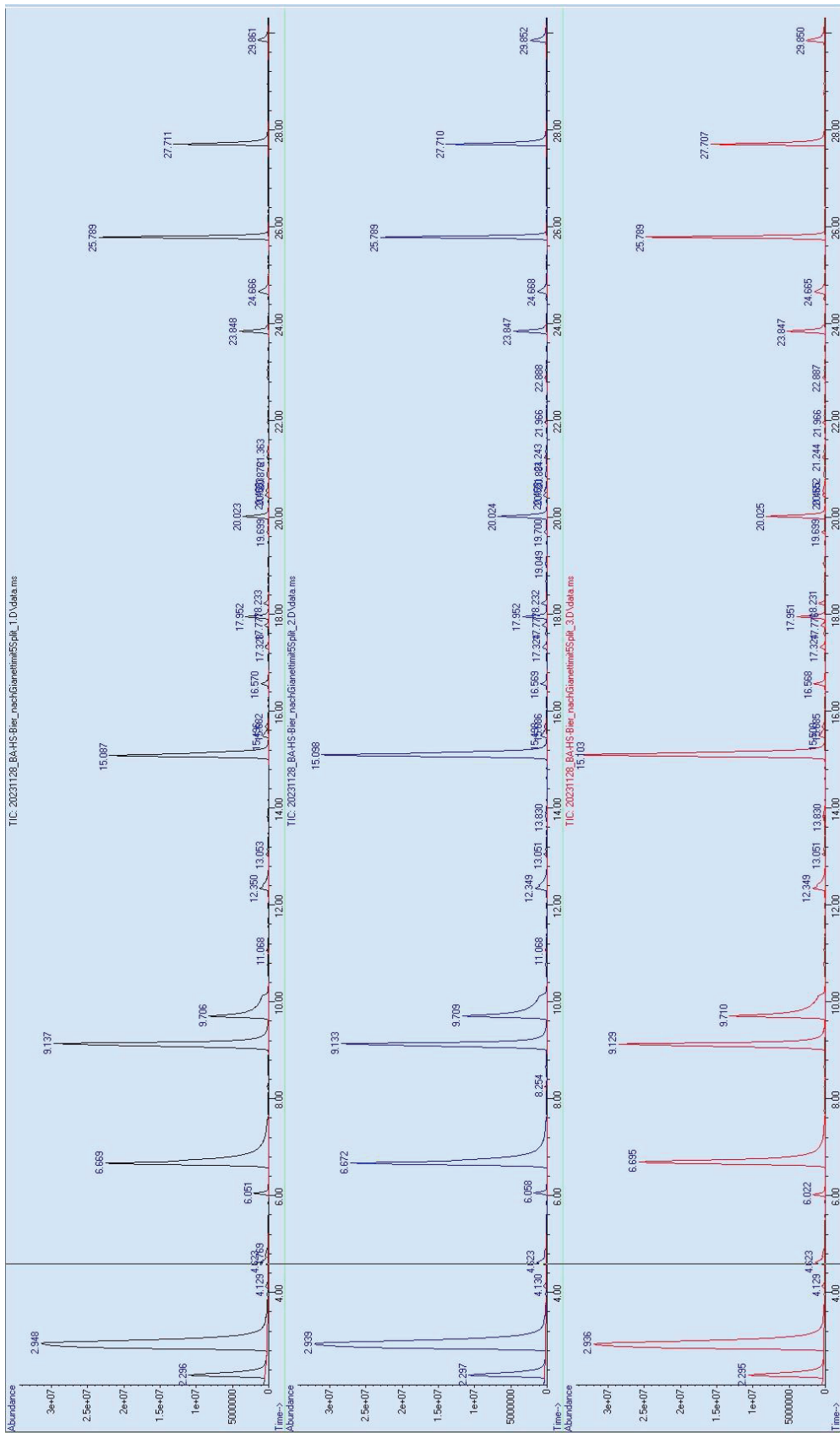
Staudt, A.: Bierfehler des Quartals: Biertrübung, 2016 [Zugriff am 26.03.2024] Verfügbar unter: <https://braumagazin.de/article/bierfehler-des-quartals-biertruebung/>

Yonezawa, T., Fushiki, T.: Testing for Taste and Flavour of Beer. Auszug aus: Jackson, J.F.: Analysis of Taste and Aroma. Aufl. 21. Berlin: Springer, 2002 [https://doi.org/10.1007/978-3-662-04857-3\\_3](https://doi.org/10.1007/978-3-662-04857-3_3)

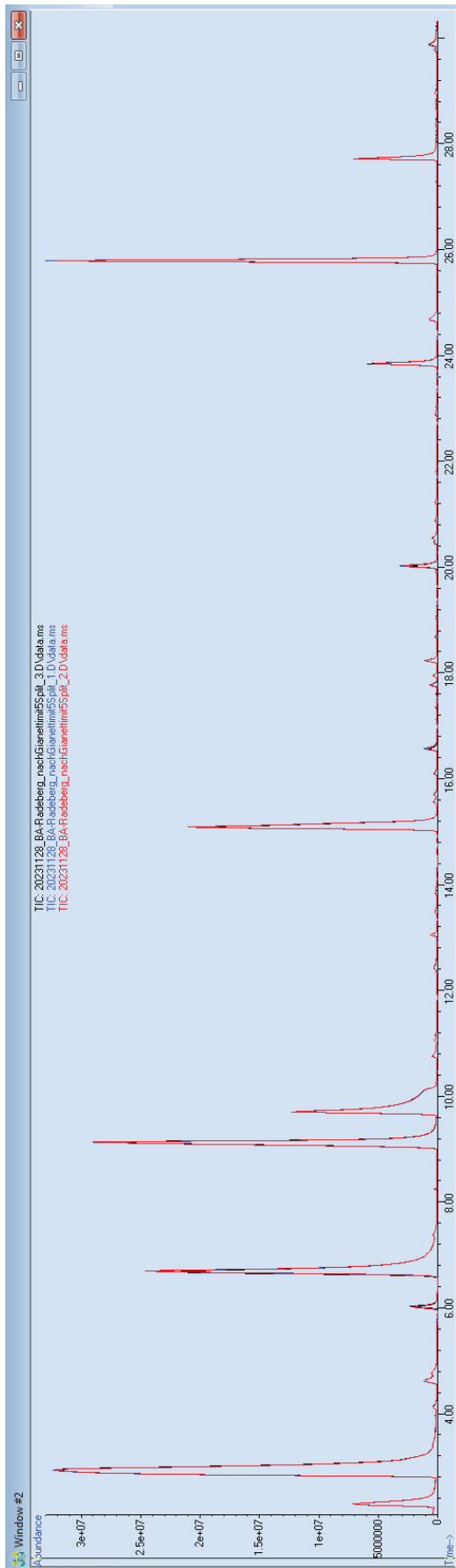
## 8. Abbildungsverzeichnis

ABBILDUNG 1: 5ER SPLIT CAMPUS BRÄU	14
ABBILDUNG 2: 10ER SPLIT CAMPUS BRÄU	14
ABBILDUNG 3: 5ER SPLIT RADEBERGER	15
ABBILDUNG 4: 10ER SPLIT RADEBERGER	15
ABBILDUNG 5.: BIER-AROMARAD (SCHMELZLE, 2013)	17
ABBILDUNG 6: GCMS CHROMATOGRAMM VOM CAMPUS BRÄU	21
ABBILDUNG 7: GCMS CHROMATOGRAMM VOM RADEBERGER	21
ABBILDUNG 8: HÄUFIGKEITEN MERKMALSNNENNUNGEN CATA	28
ABBILDUNG 9: KORRESPONDENZANALYSE CATA GERUCH	30
ABBILDUNG 10: KORRESPONDENZANALYSE CATA GESCHMACK	31
ABBILDUNG 11: INTENSITÄTEN RATA	32
ABBILDUNG 12.: BILOT RATA GERUCH	33
ABBILDUNG 13.: BILOT RATA GESCHMACK	34
ABBILDUNG 14: DARSTELLUNG DER MERKMALSAUSPRÄGUNGEN	34
TABELLE 1: EIGENSCHAFTEN UNTERGÄRIGER BIERE (MEBAK, 2012)	4
TABELLE 2: AUSGEWÄHLTE AROMASTOFFE UNTERGÄRIGER BIERE	8
TABELLE 3: ANALYSIERTE CHARGEN	10
TABELLE 4: EINWAAGE NA <sub>CL</sub>	13
TABELLE 5: KALIBRIERUNG GCMS	16
TABELLE 6: PRÜFBOGEN CATA	18
TABELLE 7: PRÜFBOGEN RATA	19
TABELLE 8: ERGEBNISSE LABORANALYSEN DARGUN	19
TABELLE 9: GEGENÜBERSTELLUNG DER CHARGEN	20
TABELLE 10: DETEKTIERTE AROMASTOFFE IN BEIDEN BIERSORTEN	22
TABELLE 11: DETEKTIERTE AROMASTOFFE NUR IM CAMPUS BRÄU	23
TABELLE 12: DETEKTIERTE AROMASTOFFE NUR IM RADEBERGER	23
TABELLE 13: ERGEBNISSE AROMEN-KONZENTRATIONEN IN DEN BIEREN	24
TABELLE 14: ERGEBNISSE EINFACH BESCHREIBENDE PRÜFUNG	25
TABELLE 15: HÄUFIGKEIT MERKMALSNNENNUNGEN CATA	28
TABELLE 16: CONCHRANS-Q-TEST CATA	29
TABELLE 17: ZUSAMMENFASSUNG INTENSITÄTEN RATA	31
TABELLE 18.: ANOVA RATA ZUSAMMENFASSUNG	32

# 9. Anhang



Anhang 1: GC-MS Campus Bräu



Anhang 2: GC-MS Rdeberger

Nr	Substanz	Messungen Campus Bräu Peak Area			Mittelwert	Standardabweichung	Konzentration in	
		1	2	3			µg/l	mg/l
1	Ethylacetat	637198890	624438449	615435580	6,26E+08	8,93E+06	19403,68	19,404
2	Buttersäure-Ethylester	60264328	105096788	98574235	8,80E+07	1,98E+07	149,02	0,149
3	2-Methyl-1-Propanol	65605453	58571879	55473726	5,99E+07	4,24E+06	8440,27	8,440
4	3-Methyl-1-Butanol	1792171634	1625090886	1623527526	1,68E+09	7,91E+07	43148,95	43,149
5	Hexansäure-Ethylester	756000533	1028002559	1072503553	9,52E+08	1,40E+08	136,02	0,136
6	Octansäure-Ethylester	1155393329	1724313947	1961115795	1,61E+09	3,38E+08	268,93	0,269
7	2-Ethyl-1-Hexanol	44153406	35697336	60976972	4,69E+07	1,05E+07	9,39	0,009
8	Linalool	110723192	120376991	137017415	1,23E+08	1,09E+07	13,63	0,014
9	1-Octanol	23434552	28840365	31691074	2,80E+07	3,42E+06	2,80	0,003
10	Decansäure-Ethylester	134023358	251078327	300988898	2,29E+08	7,00E+07	10,03	0,010
11	Hexansäure	82887893	77421296	85304504	8,19E+07	3,30E+06	872,07	0,872
12	2-Phenylethanol	744270184	736447377	786399564	7,56E+08	2,19E+07	11011,14	11,011
13	Octansäure	432540001	466049690	515779144	4,71E+08	3,42E+07	2035,50	2,035
14	Furfurylalkohol	17949027	18199743	19315966	1,85E+07	5,94E+05	389,19	0,389

Anhang 3: Vollständige Tabelle Aromenkonzentrationen

### **Erklärung über die selbstständige Anfertigung der Arbeit**

Hiermit versichere ich, dass die vorliegende Arbeit von mir selbstständig und ohne unerlaubte Hilfe angefertigt worden ist und ich keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe. Textstellen, die wörtlich oder annähernd wörtlich aus Veröffentlichungen entnommen wurden, sind durch Zitate als solche gekennzeichnet. Ich erkläre weiterhin, dass die abgegebene digitale Version mit der eingereichten schriftlichen Arbeit übereinstimmt.

Ort, Datum

Unterschrift