Bachelor-Thesis
Sommersemester 2024

Untersuchung von schwefelfreien Weinen, hergestellt in druckbeständigen Barriquefässern unter isobaren Bedingungen

Referent: M.Sc. Ludwig Pasch
Institut für Oenologie
Hochschule Geisenheim

Korreferent: Dr. Maximilian Freund
Institut für Oenologie
Hochschule Geisenheim

Vorgelegt von: Aaron Böhm
Wellritzstraße 46
65183 Wiesbaden
6. Fachsemester Weinbau & Oenologie

Wiesbaden, den 19.07.2024

Eigenständigkeitserklärung

Hiermit versichere ich, dass ich die vorliegende Arbeit – sofern es sich bei dieser um eine Gruppenarbeit handelt, meinen entsprechend gekennzeichneten Anteil an der Arbeit – selbstständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe.

Ich trage die Verantwortung für die Qualität des Textes sowie die Auswahl aller Inhalte und habe sichergestellt, dass Informationen und Argumente mit geeigneten wissenschaftlichen Quellen belegt bzw. gestützt werden. Die aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Texte, Gedankengänge, Konzepte, Grafiken usw. in meinen Ausführungen habe ich als solche eindeutig gekennzeichnet und mit vollständigen Verweisen auf die jeweilige Quelle versehen. Alle weiteren Inhalte dieser Arbeit ohne entsprechende Verweise stammen im urheberrechtlichen Sinn von mir.

Ich bin mir bewusst, dass die Nutzung generativer KI-Werkzeuge keine Garantie für die Qualität von Inhalten und Text gewährleistet. Ich versichere daher, dass ich mich textgenerierender KI-Werkezeuge lediglich als Hilfsmittel bedient habe und in der vorliegenden Arbeit mein gestalterischer Einfluss überwiegt. Ich verantworte die Übernahme der Ergebnisse jeglicher von mir verwendeter digitaler Werkzeuge vollumfänglich selbst. Im Anhang unter „Übersicht verwendeter Hilfsmittel“ habe ich sämtliche verwendeten digitalen Hilfsmittel sowie deren Nutzungskontext aufgeführt.

Ich versichere, dass ich keine KI-Werkzeuge verwendet habe, deren Nutzungsweise der/die Prüfer*in im Thesisvergabeprotokoll explizit schriftlich ausgeschlossen hat.

Die vorliegende Arbeit wurde bisher weder im In- noch im Ausland in gleicher oder ähnlicher Form einer anderen Prüfungsbehörde vorgelegt.

Mir ist bekannt, dass ein Verstoß gegen die genannten Punkte prüfungsrechtliche Konsequenzen haben und insbesondere dazu führen kann, dass die Prüfungsleistung mit „nicht ausreichend” bzw. die Studienleistung mit „nicht bestanden“ bewertet wird und bei mehrfachem oder schwerwiegendem Täuschungsversuch eine Exmatrikulation erfolgen kann.

Übersicht verwendeter Hilfsmittel

Anwendung	Version	Nutzung
MS Word	2019	Textverarbeitung und -formatierung
MS Excel	2019	Auswertung der Daten und Erstellen von Tabellen und Diagrammen
Paint		Bearbeitung von Grafiken
Citavi	6	Ordnen und Zitieren von Literatur

Inhaltsverzeichnis

Eigenständigkeitserklärung I

Abbildungsverzeichnis V

Tabellenverzeichnis VII

1. Einleitung 1

2. Theoretische Grundlagen 2

2.1 Nutzung von Holzfässern 2

2.2 Lagerung von Weinen in Holzfässern 2

2.2.1 Unterschiedliche Holzarten und deren Einfluss auf den Wein 3

2.2.2 Phenole als Aromastoffe in Holzfässern 4

2.2.3 Sauerstoffeintrag bei Holzfässern 5

2.4 Oxidations-Reduktions-Potential (ORP) 6

2.5 Schwefeldioxid in der Weinbereitung 8

2.6 Alternativen zu Schwefeldioxid in der Weinbereitung 8

2.7 Weinfehler in Holzfässern 9

3. Methoden 11

3.1 Herstellung des Auric Infinity Barrels 11

3.2 Herstellung und Verarbeitung der Trauben und Weine 13

3.3 Laboranalysen 16

3.3.1 FTIR-Analyse 16

3.3.2 Spektralphotometrische Analyse nach OIV-MA-AS2-11 16

3.3.3 Messung der Weinsteinstabilität durch das Checkstab®-Minikontaktverfahren 16

3.3.4 Eiweißstabilität 17

3.3.5 Bestimmung des Gesamtphenolgehaltes nach Folin-Ciocalteu OIV-MA-AS2-11 17

3.3.6 Bestimmung des Flavonoid-Gehalts (Catechin-Gehalt) 18
3.3.7 CO_2-Gehalt und Air-Index 19
3.4 Verkostung 19
4. Ergebnisse 20
4.1 Daten von Auric Barrels 20
4.1.1 FTIR-Analysen der Firma Auric Barrels 20
4.1.2. Gelöster Sauerstoff im Welschriesling-Fass 22
4.1.3 Oxidations-Reduktions-Potenzial -ORP im Welschriesling-Fass 23
4.1.4 Druck in den Fässern 24
4.2 Daten der Laboranalysen 25
4.2.1 FTIR-Analyse der abgefüllten Weine 25
4.2.2 Spektralanalyse 26
4.2.3 Weinsteinstabilität 28
4.2.4 Eiweißstabilität 29
4.2.5 Gesamtphenol-Analyse 30
4.2.6 Air-Index 31
4.3 Ergebnisse der Verkostung 34
4.3.1Weißweine 34
4.3.2 Rotweine 36
5. Diskussion 38
6. Fazit 45
7. Zusammenfassung 46
Literaturverzeichnis 47
Anhang 50

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Holzstrukturen verschiedener Baumarten. 1. Pyrenäeneiche, 2. Andeneiche 3. Edelkastanie, 4. Gewöhnliche Robinie, 5. Vogelkirsche, 6. Gemeine Esche, 7. Traubeneiche, 8. Weißeiche (Martínez-Gil *et al.* 2018) 3
Abbildung 2: Oxidations-Reduktions-Potential eines Rotweins während alkoholischer Fermentation, malolaktischer Fermentation, Füllung in die Fässer und dem Abstich (Ribereau-Gayon *et al*. 2006) 7
Abbildung 3: Schematischer Aufbau des Auric Infinity Barrels (Auric Barrels 2023), bearbeitet) 13
Abbildung 4: Infinity-Fässer während der Gärung in der Sonne (Auric Infinity 2023). 14
Abbildung 5: Vorbereitungen für die Filtration und Abfüllung. Zusehen von links sind Stickstoffflasche, Edelstahl-Kegfass und Filtrationskerze 15
Abbildung 6: Gärverläufe der Weißweine; Erfasst durch die Abnahme des Restzuckers (Auric Barrels 2023) 20
Abbildung 7: Gärverläufe der Rotweine, Erfasst durch die Abnahme des Restzuckers (Auric Barrels 2023) 21
Abbildung 8: Menge an gelöstem Sauerstoff (blaue Linie) in mg/l und Verlauf der Temperatur (orange Linie) in °C zwischen dem 30.09.23 und 05.03.24 im Infinity-Fass des Welschrieslings (Erstellt aus Daten von Auric Barrels) 22
Abbildung 9: Änderung des Oxidations-Reduktions-Potentials (blaue Linie) in mV und Verlauf der Temperatur (orange Linie) in °C zwischen dem 30.09.23 und 05.03.24 im Infinity-Fass des Welschrieslings (Erstellt aus Daten von Auric Barrels) 23
Abbildung 10: Screenshot der Druck- und Temperaturänderung in den Fässern des Welschrieslings (rote Linie=Temperatur, blaue Linie=Druck) und des Cabernet Sauvignon (grüne Linie=Temperatur, gelbe Linie=Druck) zwischen dem 02.10.23 und 05.03.24 (Auric Barrels) 24
Abbildung 11: Phenolgehalte (ausgedrückt als Catechin) der abgefüllten Weine. Gesamtphenole bestimmt nach Folin-Ciocalteu. 30
Abbildung 12: Spinnennetzdiagramm mit der Verkostungsbewertung der Attribute der Weißweine. (0 = „trifft nicht zu“, 5 = „trifft zu“). Signifikanzniveau: *=95%, **=99%, ***=99,9% 35

Abbildung 13: Spinnennetzdiagramm mit der Verkostungsbewertung der Attribute der Rotweine (0 = „trifft nicht zu“, 5 = „trifft zu“) 37
Abbildung 14: Foto der abgefüllten Riesling-Flaschen..... 50
Abbildung 15: Foto der abgefüllten Welschriesling-Flaschen 51
Abbildung 16: Foto der abgefüllten Chardonnay-Flaschen 51
Abbildung 17: Foto der abgefüllten Malvasia Oak-Flasche..... 52
Abbildung 18: Foto der abgefüllten Malvasia Acacia-Flaschen 52
Abbildung 19: Foto der abgefüllten Cabernet Sauvignon-Flaschen 53
Abbildung 20: Foto der abgefüllten Plavac Mali-Flaschen..... 53
Abbildung 21: Verkostungsbogen für die Weißweine 56
Abbildung 22: Verkostungsbogen für die Rotweine..... 57
Abbildung 23: Blick ins Innere eines halbvollen Infinity-Barrels 58
Abbildung 24: FTIR-Analysen des Rieslings und des Chardonnays (Auric Barrels 2023) 59
Abbildung 25: FTIR-Analyse des Malvasia Oak und des Malvasia Acacia (Auric Barrels 2023)..... 60
Abbildung 26: FTIR-Analyse des Cabernet Sauvignon und Plavac Mali (Auric Barrels 2023)..... 61

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: FTIR-Analyse der abgefüllten Weine vom 16.04.2024 25
Tabelle 2: Interpretationshilfe ΔE (Quelle: https://de.wikipedia.org/wiki/Delta_E) 26
Tabelle 3: Spektralphotometrie der abgefüllten Weißweine ohne Maischegärung 27
Tabelle 4: Spektralphotometrie der abgefüllten maischevergorenen Weiß- und Rotweine 27
Tabelle 5: Farbintensitäten und Farbnuancen der abgefüllten Rotweine 28
Tabelle 6: Leitfähigkeitsabnahme während der Kältetests 28
Tabelle 7: Einordnungshilfe der Leitfähigkeitsabnahme (Quelle: Schmidt 2009) 29
Tabelle 8: Trübungswerte der Weine vor & nach dem Wärmetest (80 °C für 2h) und deren Differenz 29
Tabelle 9: Fremdgasmessung in den abgefüllten Flaschen des Rieslings (Air-Index) mit dem Anton Paar Packaged Beverage Analyzer 31
Tabelle 10: Fremdgasmessung in den abgefüllten Flaschen des Welschrieslings (Air-Index) mit dem Anton Paar Packaged Beverage Analyzer 31
Tabelle 11: Fremdgasmessung in den abgefüllten Flaschen des Chardonnays (Air-Index) mit dem Anton Paar Packaged Beverage Analyzer 32
Tabelle 12: Fremdgasmessung in den abgefüllten Flaschen des Malvasia Oak (Air-Index) mit dem Anton Paar Packaged Beverage Analyzer 32
Tabelle 13: Fremdgasmessung in den abgefüllten Flaschen des Malvasia Acacia (Air-Index) mit dem Anton Paar Packaged Beverage Analyzer 32
Tabelle 14: Fremdgasmessung in den abgefüllten Flaschen des Cabernet Sauvignon (Air-Index) mit dem Anton Paar Packaged Beverage Analyzer 32
Tabelle 15: Fremdgasmessung in den abgefüllten Flaschen des Plavac Mali (Air-Index) mit dem Anton Paar Packaged Beverage Analyzer 33
Tabelle 16: Standardabweichungen der Verkostungsergebnisse der Weißweine 36
Tabelle 17: Standardabweichungen der Verkostungsergebnisse der Rotweine 37
Tabelle 18: Notizen der Vorverkostung von Pasch & Böhm 54

1. Einleitung

In der heutigen Zeit neue, ungewöhnliche Wege zu gehen, erfordert einigen Mut und birgt ein finanzielles Risiko. Umso spannender ist es, wenn dies doch geschieht und sich neue interessante Ergebnisse daraus ergeben. Nach Jahren der Entwicklung wurde 2023 der erste Jahrgang an Trauben in größerer Stückzahl in Infinity Barrels der Firma Auric® vergoren. Diese Barriquefässer sind druckbeständig, sodass in ihnen mit Überdruck vergoren werden kann. Daraus ergibt sich die Möglichkeit, den Wein komplett ohne Additive wie SO_2 zu lagern. Im Hinblick auf die EU-Verordnung 2021/2117 (Europäische Union 2021) durch welche in Zukunft alle Behandlungsmittel und Weinadditive auf dem Etikett angegeben werden müssen, ist dies sowohl für Weinerzeuger als auch für den Endverbraucher interessant. Der Endverbraucher, welcher in der heutigen Zeit vermehrt Wert auf natürliche, unbehandelte Produkte legt, dürfte von einer solchen Technologie besonders profitieren, denn bisher ist die Gabe von SO_2 in den meisten Weingütern Standard. Neben dem Gesundheitsaspekt sollen diese Fässer zusätzlich die Möglichkeit bieten, auch in kleinem Maßstab ohne etwaiges Kellerequipment hervorragenden Wein zu produzieren. Diese Aussagen der Firma Auric Barrels wurden zum Anlass genommen, die Weine chemisch und sensorisch genauer zu untersuchen um herauszufinden, ob diese Art von Fässern in der Weinindustrie Fuß fassen kann.

2. Theoretische Grundlagen

2.1 Nutzung von Holzfässern

Holzfässer werden schon seit tausenden von Jahren zum Lagern und Reifen von Weinen genutzt. Bevor es Edelstahl gab, wurde auf das Holz der Umgebung zurückgegriffen und dieses zu Fässern verarbeitet. Eiche war eines der beliebtesten Materialien, da es vielerorts in Europa vorkam und sehr robust war (Carpena *et al.* 2020). Heut zu Tage werden Holzfässer hingegen nicht mehr wegen ihrer Stabilität und des leicht zu beschaffenden Holzes genutzt. Im Gegenteil, einige Küfereien, nutzen mittlerweile Holz aus Ost-Europa (Ungarn, Rumänien, Russland), da es dort noch große Waldbestände und gute Qualität gibt. Die Nachfrage nach französischer Eiche übersteigt mancher Orts die regionale Holzproduktion was eine sinkende Qualität oder steigende Preise mit sich bringt (Martínez-Gil *et al.* 2018). Hauptsächlich werden Holzfässer heute wegen ihres Einflusses auf das Aroma der Weine genutzt, deshalb finden neuerdings auch Sorten wie Akazie und Kirsche Anwendung in Weinkellern (Carpena *et al.* 2020).

2.2 Lagerung von Weinen in Holzfässern

Bei der Lagerung von Weinen in Holzfässern gibt es viele Einflussfaktoren. So finden chemische und physikalisch Prozesse statt, wie zum Beispiel die Klärung des Weines, die Änderung der Farbe und die Entwicklung eines komplexen Aromas. Vor allem die im Holz enthaltenen extrahierbaren Phenole und Aromastoffe tragen zur Entwicklung eines vielschichtigen Aromas des Weines bei. Diese sind abhängig von Sorte, geographischer Herkunft (Alañón *et al.* 2011) und dem Grad des Toastings (Arfelli *et al*. 2007). Das Toasting, also das Rösten des Holzes über dem Feuer spielt hierbei eine besondere Rolle. Dabei wird mittels der Dauer und der Temperatur die Intensität des Röstens bestimmt. Die Intensität hat einen starken Einfluss auf die Menge und Qualität der extrahierbaren Stoffe und das spätere Aroma im Wein (Chatonnet *et al.* 1999). Aber auch der Sauerstoffeintrag durch das Holz spielt eine wesentliche Rolle bei der Lagerung, Reifung und Aromaentwicklung der Weine (Waterhouse und Laurie 2006; Oliveira *et al.* 2011).

2.2.1 Unterschiedliche Holzarten und deren Einfluss auf den Wein

Holz nimmt durch mehrere Faktoren Einfluss auf den Wein. Dabei sorgt die geographische Herkunft des Holzes dafür, dass innerhalb derselben Art unterschiedliche Mengen an Phenolen und flüchtigen Stoffen im Holz vorhanden sind (Arfelli *et al.* 2007). Außerdem ist das Wachstum des Holzes und dessen Struktur ein weiterer wesentlicher Faktor für den Einfluss, welchen das Holz auf den Wein hat. Martínez-Gil *et al.* (2018) untersuchten hierzu verschiede Eichenarten und andere Baumarten wie Vogelkirsche, Robinie, Edelkastanie und Esche. Wie in Abbildung 1 zu sehen ist, weisen diese Hölzer sehr unterschiedliche Holzstrukturen und Porengrößen auf. Dabei zeigten Ergebnisse von Del Alamo-Sanza und Nevares (2018), dass je feiner die Maserung des Holzes, desto größer der Gasdurchgang durch das Holz ist. Bei der Analyse der unterschiedlichen Holzarten von Martínez-Gil *et al.* (2018) wurden zudem die Einflüsse der Lagerung und des Toastings auf das Holz untersucht. Hier zeigte sich, dass sich die Gehälter an Ellagitanninen und Phenolen mit niedrigem Molekulargewicht durch die Lagerung und das Toasting stark änderten. Auch bei der Analyse der flüchtigen Aromastoffe wie Vanillin, Furfural und Eugenol zeigte sich, dass vor allem das Toasting einen wesentlichen Einfluss auf deren Bildung hat. So enthält *Quercus petraea* nach dem Toasting bis zu 20-mal mehr Vanillin als zuvor.

Abbildung 1: Holzstrukturen verschiedener Baumarten. 1. Pyrenäeneiche, 2. Andeneiche 3. Edelkastanie, 4. Gewöhnliche Robinie, 5. Vogelkirsche, 6. Gemeine Esche, 7. Traubeneiche, 8. Weißeiche (Martínez-Gil et al. 2018)

2.2.2 Phenole als Aromastoffe in Holzfässern

Phenole sind organische Verbindungen, die in den meisten Pflanzen vorkommen, darunter auch in Holz. Die Phenole im Holz der Fässer werden während des Weinreifungsprozesses in die darin gelagerten Weine extrahiert (Bakker und Clarke 2012). Die wichtigsten phenolischen Verbindungen in Holzfässern sind Tannine, Lignine und verschiedene flüchtige Phenole (Arfelli *et al*. 2007).

Tannine:

Tannine (Gerbstoffe) gehören zu den sekundären Pflanzenstoffen. Sie tragen zum Mundgefühl bei und sind sowohl im Holz der Fässer als auch in der Traube enthalten. Dabei werden sie in zwei Hauptgruppen unterschieden:

Die hydrolysierbaren Tannine (Ellagitannine und Gallotannine) können, wie der Name schon sagt, durch Hydrolyse leicht in ihre Bestandteile zerlegt werden. Diese Tannine bestehen aus polymeren Phenolverbindungen, bei denen Gallus- oder Ellagsäure eine Esterbindung mit Zuckern eingeht. Bei der Hydrolyse, die durch Säuren, Basen oder Enzyme ausgelöst werden kann, werden diese Bindungen gespalten und die Tannine zerfallen in ihre Grundbestandteile (Ribereau-Gayon *et al.* 2006). Dabei wirken diese Tannine auf unterschiedliche Weise. Beim Trinken des Weines verbinden sie sich mit den Proteinen im Speichel und führen so zu einem adstringierenden, pelzigen Mundgefühl. Außerdem besitzen sie sowohl antioxidative also auch antimikrobielle Eigenschaften, welche den Wein in einem gewissen Maß vor Oxidation und schädlichen Mikroorganismen schützen. Zudem sorgen Tannine durch Interaktion mit Anthocyanen für eine Farbstabilisation im Wein (Moreno-Arribas und Polo 2009).

Kondensierte Tannine, auch bekannt als Proanthocyane, sind die andere Hauptgruppe von Tanninen. Im Gegensatz zu hydrolysierten Tanninen bestehen kondensierte Tannine aus Flavan-3-ol-Einheiten, die durch Kohlenstoff-Kohlenstoff-Bindungen miteinander verbunden sind. Diese Bindungen sind wesentlich stabiler und schwerer aufzubrechen, weshalb sie auch als nicht-hydrolysierbare Tannine bezeichnet werden. Kondensierte Tannine bestehen aus Flavan-3-ol-Monomeren, wie Catechin und Epicatechin. Diese polymerisieren zu langen Ketten oder verzweigten Strukturen (Waterhouse *et al*. 2016).

Lignine:

Lignine sind phenolische Makromoleküle, welche bei der Lagerung von Holz und dem Toasting in verschiedene Aromastoffe zerfallen. Diese Stoffe sjnd leicht flüchtig und können somit schnell in die Gasphase über gehen. Bekannte Vertreter dieser flüchtigen Zersetzungsprodukte sind dabei Vanillin, Eugenol und Guajakol. Diese bilden verschiedene Aromen aus. So sorgt Vanillin für ein Aroma von grünem Holz und Vanille, Guajakol für ein Rauch-Aroma und Eugenol für ein würziges Aroma wie das von Gewürznelken (Carpena *et al.* 2020).

2.2.3 Sauerstoffeintrag bei Holzfässern

Der Sauerstoffeintritt bei Holzfässern kann in drei Zonen unterteilt werden. Das Spundloch, der Raum zwischen den einzelnen Fassdauben und das Transportleitsystem des Holzes. Der größte Eintrittspunkt dabei ist laut Forschungen von Del Alamo-Sanza und Nevares (2017) der Raum zwischen den Dauben. Neben den Eintrittspunkten, spielt auch die Größe und das Alter der Fässer eine entscheidende Rolle. Kleine Fässer haben dabei eine größere Oberfläche gegenüber ihrem Volumen, sodass mehr Sauerstoff pro Liter aufgenommen werden kann. Über die Höhe des Sauerstoffeintrags in Holzfässer gibt es viele unterschiedliche Aussagen. Diese listen Qiu *et al.* (2017) ihn ihren Forschungen auf. Sie reichen von 5 mg/l und Jahr bis hin zu 45 mg/l und Jahr. Dabei sind weitere Parameter für den Gastransfer durch das Holz nicht unerheblich. Zum einen spielt wie in 2.2.1 erwähnt die Porengröße eine wichtige Rolle. Des Weiteren das Alter des Fasses, neue Fässer lassen mehr Sauerstoff in das Innere als bereits genutzte Fässer (Del Alamo-Sanza und Nevares 2017). Auch die Luftfeuchtigkeit im Lagerraum ist zu berücksichtigen. Je höher die Feuchtigkeit, desto weniger Wein verdunstet aus Fässern und desto weniger Luft gelangt in das Innere der Fässer (Roussey *et al.* 2021).

Sobald die Luft und somit der in ihr enthaltene Sauerstoff durch das Holz und dessen Zwischenräume gedrungen sind, findet der Kontakt mit dem Wein statt. Dabei löst sich jedoch nicht der gesamte Sauerstoff im Wein. Dies ist zum größten Teil abhängig von der Temperatur und dem vorherrschenden Druck. Je höher der Druck, desto mehr Sauerstoff kann sich im Wein lösen. Umgekehrt verhält es sich mit der Temperatur, je höher diese ist, je weniger Sauerstoff kann vom Wein aufgenommen werden (Nevares *et al.* 2009). Ist der Sauerstoff im Wein gelöst, finden unterschiedliche Prozesse statt. So wird ein Großteil

durch SO_2 Säure abgebunden, sollte dies vorhanden sein. Aber auch zur Alterung von Weinen. Diesen dynamischen Prozess nennt man Mikrooxygenierung. Dabei werden über einen längeren Zeitraum kleine Mengen an Sauerstoff aufgenommen, was zu einer feineren Aromastruktur führen kann (Ribereau-Gayon *et al.* 2006). Bei übermäßiger Sauerstoffaufnahme kann es jedoch zur Oxidation des Weines kommen. Angefangen bei der Farbe, kann diese sich bei Weißweinen durch Oxidation von einem hellgelb zu einem orangen oder sogar braunen Ton entwickeln. Ebenso bei den Rotweinen, hier verändert sich die Farbe von rot zu braun. Weiter oxidiert der Sauerstoff auch den Alkohol im Wein (Ethanol) zu Ethanal (Acetaldehyd). Acetaldehyd kann dabei in hohen Konzentrationen zu Kopfschmerzen führen. Sensorisch verleiht es den Weinen einen Geruch von braunem Apfel und schmeck herb und scharf. Außerdem kann das Acetaldehyd, sollten Essigbakterien vorhanden sein, zu Essigsäure umgewandelt werden. Diese verestert sich mit Ethanol zu Essigsäure-Ethylester was einen Klebstoffton zur Folge hat (Ribereau-Gayon *et al.* 2006, Waterhouse *et al.* 2016).

2.4 Oxidations-Reduktions-Potential (ORP)

Das Oxidations-Reduktions-Potential ist ein wichtiger Parameter in der Weinherstellung, der den Grad der Oxidation oder Reduktion misst. Es wird in Millivolt (mV) gemessen und gibt Auskunft über die Fähigkeit des Weins, Elektronen aufzunehmen oder abzugeben. Ein richtig eingestelltes ORP ist entscheidend für die Qualität des Weins. Ein niedriger ORP-Wert zeigt an, dass der Wein in einem reduzierenden Zustand ist, was typischerweise als günstig angesehen wird, da es den Wein vor Oxidation schützt und somit frischer hält (Tomlinson und Kilmartin 1997).

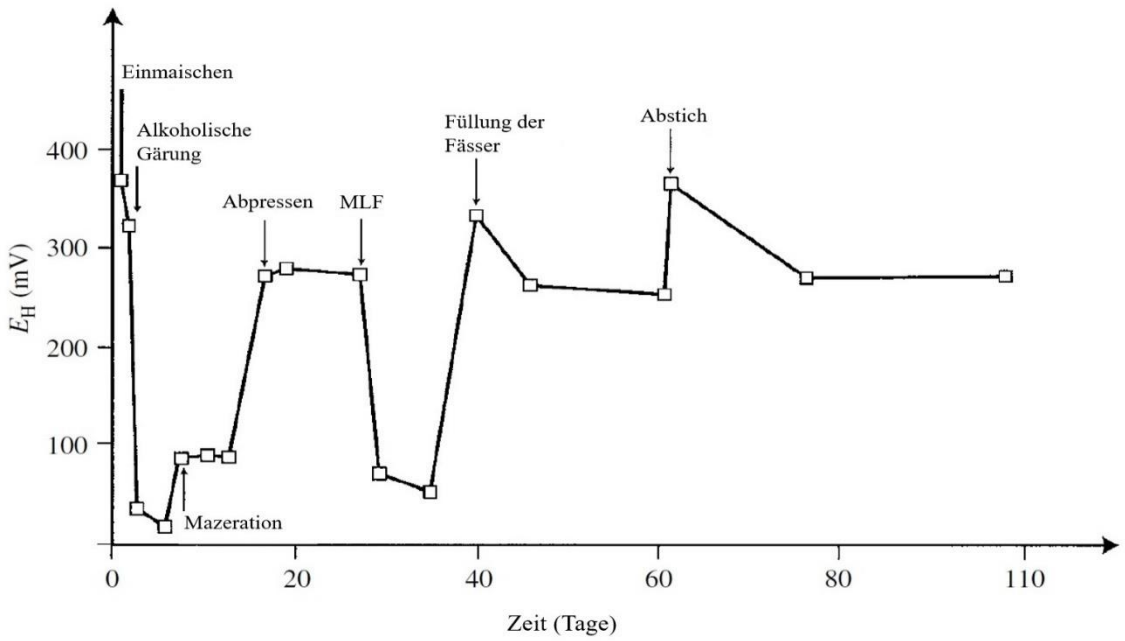

Abbildung 2: Oxidations-Reduktions-Potential eines Rotweins während alkoholischer Fermentation, malolaktischer Fermentation, Füllung in die Fässer und dem Abstich (Ribereau-Gayon et al. 2006)

Während der Weinbereitung ändert sich das ORP an mehreren Punkten (Abbildung 2) wobei Elektronen aufgenommen (Reduktion) und abgegeben (Oxidation) werden. Die alkoholische Gärung ist ein solcher Red-ox-Prozess. Dabei ändern sich die Oxidationszahlen des Kohlenstoffs im Glucosemolekül von 0 durch den Fermentationsprozess zu +4 im Kohlenstoffdioxid und -2 im Ethanol. Ein ähnlicher Redox-Prozess läuft auch bei der malolaktischen Fermentation ab, wodurch auch hier ein reduktives Milieu entsteht. Zusehen ist in Abbildung 2, dass jeder Eintrag von Sauerstoff, sei es Abpressen, Umpumpen oder Abstechen zu einer Erhöhung des Oxidations-Reduktions-Potentials führt. Normal sind laut (Ribereau-Gayon *et al.* 2006) Werte zwischen 200 mV und 300 mV während der Lagerung des Weines. Ab Werten von unter 150 mV wird von einem reduktiven Potential gesprochen wodurch es laut (Tomlinson und Kilmartin 1997) auch zu unerwünschten reduktiven Aromanoten kommen kann. Bei Werten über 350 mV besteht die Gefahr der Oxidation des Weines.

2.5 Schwefeldioxid in der Weinbereitung

Schwefeldioxid ist, das in der Weinbereitung am weitesten verbreitetet Additiv. Es wird in allen Bereichen der Weinbereitung angewendet. Bereits bei der Most- und Maischeverarbeitung wird es genutzt, um wilde Hefen und Bakterien abzutöten und vor Oxidation zu schützen. Nach der Gärung wird es verwendet um die Vermehrung unerwünschte Bakterien und Hefen, welche zu Weinfehlern führen können, zu unterbinden. Zusätzlich dient SO_2 auch nach der Gärung weiterhin als Oxidationsschutz (Waterhouse *et al.* 2016; OIV 2021). Dabei ist der Wirkungsgrad stark vom pH-Wert des Weines und der dadurch vorliegenden dissoziierten Form Hydrogensulfid (HSO_3^-) abhängig. Weiterhin kann es zur Reinigung und Konservierung von Holzfässern genutzt werden (Blankenhorn und Funk 2012; OIV 2021). Auch bei der Lagerfähigkeit des Weines auf der Flasche spielt SO_2 eine Rolle. Denn bei der Abfüllung gelangt laut Dimkou *et al.* (2013) erneut Sauerstoff in den Kopfraum der Flasche und somit in den Wein. Weiterführend wird auch gesagt, dass das Verschlusssystem eine wichtige Rolle beim Sauerstoffeintrag spielt. Um den Wein bei der Füllung und Lagerung vor Oxidation zu schützen, wird hierfür oftmals SO_2 genutzt.

2.6 Alternativen zu Schwefeldioxid in der Weinbereitung

Das Verlangen der Konsumenten, das weniger Additive eingesetzt werden, hat dazu geführt, dass einige Winzer vor allem in der Bio- und Naturweinbranche versuchen auf den Einsatz von Schwefeldioxid zu verzichten oder es auf ein Minimum zu reduzieren (Prasnikar *et al*. 2014). Grundsätzlich sollte bereits bei der Qualität der Trauben darauf geachtet werden, dass kein faules Lesegut verarbeitet wird, um die Kontamination mit unerwünschten Mikroorganismen so gering wie möglich zu halten. Zudem sollten natürliche Eigenschaften von Säuren genutzt und Weine bei Bedarf angesäuert werden, um den pH-Wert zu senken und den Wein mikrobiell zu stabilisieren. Im Übrigen gibt es zwei Ansätze den Wein ohne Additive wie SO_2 zu lagern. Der eine ist der Ausschluss von Sauerstoff. Möglich ist dies durch das spundvolle Lagern oder die in dieser Arbeit untersuchten Infinity-Barrels. Beides verhindert die Vermehrung von aeroben Bakterien. Der andere Ansatz ist der den Wein zu entkeimen. Hierzu gibt es einige moderne Ansätze. Dabei wird versucht die im Wein vorhandenen Mikroorganismen zu töten. Eine

Möglichkeit ist die Pasteurisation mittels eines elektrischen Impulsfeldes. Hierbei wird der Wein durch zwei elektrische Felder geleitet, in welchen die Zellmembranen der Bakterien mittels starken Stromimpulsen zerstört werden. Anwendung findet diese Methode in Weinkellern jedoch weniger da Starkstrom benötigt wird und dieser in den oft nassen Weinkellern zu einem Sicherheitsrisiko führt. Eine weitere Methode ist die Pasteurisierung mittels hohen Druckes. Hierzu werden Drücke von 1000-6000 bar benötigt. Diese führen ebenfalls dazu, dass die Mikroorganismen inaktiviert und unschädlich gemacht werden (Silva und van Wyk 2021). Beide Anwendungen werden bei niedrigen Temperaturen unter 40 °C durchgeführt, sodass das Aroma des Weines nur wenig beeinflusst wird. Der Hauptgrund, weshalb diese Verfahren in der Weinindustrie nicht so weit verbreitet sind, ist der, dass diese Maschinen technisch aufwendig und sehr teuer sind. Dies ist bei vielen Weinherstellern wirtschaftlich im Vergleich zu SO_2 nicht rentabel. Alternativ zu den zuvor genannten Möglichkeiten ist auch eine Sterilfiltration möglich, welche mit einer Porengröße von 0,1 µm ebenfalls alle unerwünschten Mikroorganismen entfernt, dabei aber auch Auswirkung auf die Farbe und das Aroma des Weines hat. Das inokulieren von bestimmten Mikroorganismen als natürliche Gegenspieler zu den unerwünschten Mikroorganismen, welche zum Verderb des Weines führen, wurde von Morata *et al.* (2021) und Di Gianvito *et al.* (2022) untersucht. Beide kamen zu dem Ergebnis, dass diese Methode vielversprechend ist, jedoch weiterer Forschung bedarf.

2.7 Weinfehler in Holzfässern

Der bekannteste Weinfehler in Holzfässern ist „Brett“. Ein Aroma von Pferdeschweis, Stall und Leder zeichnen diesen Fehler aus. Hervorgerufen wird er durch den Hefestamm *Brettanomyces Bruxellensis*. Dieser kommt bereits im Weinberg vor, spielt bei der Gärung jedoch keine Rolle. Er gehört ebenfalls zu den *Saccharomyceten* und verstoffwechselt, wenn keine Glucose oder Fructose vorhanden sind Xylose oder Ethylalkohole, zu Ethylphenolen. Dies geschieht meist bei Weinen, welche Lange auf der Maische lagen und sich dadurch der Zellzucker herauslöste. Das Problem bei *Brettanomyceten* ist, dass sie, höhere Alkoholwerte gut tolerieren und somit auch nach der Gärung, wenn andere Hefestämme bereits abgestorben sind, aktiv bleiben. Bei hohen pH-Werten und dem nicht vorhanden sein schwefliger Säure, finden diese Hefen ausreichende Bedingungen vor um

zu wachsen (Reynolds 2010). Ein weiterer Weinfehler, welcher in Holzfässern auftreten kann, ist Oxidation. Da der Sauerstofftransfer in Holzfässern größer ist als in Edelstahlfässern, kann es hier bei zu hoher Sauerstoffaufnahme zu Farb- und Aromaoxidationen kommen, was dem Fehler der Oxidation entspricht. Als letzten Punkt kann noch eine Überlastung des Weines mit Tanninen als spezifischer Weinfehler in Holzfässern genannt werden. Dies geschieht meist in neuen Barriques, welche zuvor noch nicht genutzt wurden. Dabei können bei der Erstbelegung sehr viele Tannine aus dem Holz extrahiert werden und den Wein bitter und adstringierend schmecken lassen (Blankenhorn und Funk 2012).

3. Methoden

Diese Arbeit befasst sich mit der chemischen-analytischen und sensorischen Untersuchung von Weinen, welche in modifizierten Barriquefässern und ohne Hilfs- und Zusatzstoffe hergestellt wurden. Dabei wird zuerst auf die Konstruktion und Besonderheiten im Aufbau des Auric Infinity Barrels eingegangen und diese beschrieben. Danach wird auf die Herkunft und Verarbeitung des Traubenmaterials sowie die Weinbereitung eingegangen und erklärt, wie die Verkostung durchgeführt wurde. Anschließend daran werden alle Untersuchungsmethoden erörtert, welche zur Analyse der Weine genutzt wurden.

3.1 Herstellung des Auric Infinity Barrels

Die Barriquefässer, welche in der Untersuchung verwendet wurden, sind von der Firma Auric Barrels d.o.o (31500 Našice, Kroatien) hergestellt worden. Für die Herstellung der Fässer wird Holz aus regionalen kroatischen Eichenwäldern genutzt, welche im Umkreis von ca. 50 km um die Fassfabrik liegen. Das Holz stammt von 140 Jahre alten Stieleichen (*Quercus robur*) und 120 Jahre alten Traubeneichen (*Quercus petraea*). Diese werden nach dem Fällen direkt an die Küferei geliefert und dort in die gewünschte Länge gesägt. Anschließend werden die Holzstücke der Faser nach gespalten und in der Fabrik zu Daubenrohlingen geschnitten. Diese Rohlinge lagern für 24 bis 36 Monate, je nach Dicke und Qualität, unter freiem Himmel. Während der Trocknung an der Luft, wird ein Teil der stark bitteren und adstringierenden Ellagitannine aus dem Holz herausgewaschen, oxidiert und enzymatisch gespalten. Gleichzeitig wird der Feuchtegehalt des Holzes so weit herabgesetzt, dass dieser nah an dem der Umgebungsluft liegt. Durch dieses Gleichgewicht ist das Holz formstabil, nimmt keine Feuchtigkeit von der Luft mehr auf und kann dann weiterverarbeitet werden. Nach der Lagerung werden die Rohlinge aufbereitet und in die gewünschte Form gebracht, die Seiten leicht angeschrägt, damit das Fass rund wird und abdichtet. Anschließend werden die Dauben passend ausgewählt, damit ihre Breite die genau gewünschte Größe für das Barrique ergibt. Sobald die passenden Dauben für ein Barrique ausgewählt wurden, werden diese noch modifiziert. Beim Infinity Barrel wird an die rechte Seite jeder Daube noch eine Nut eingefräst, in welche eine Silikonschnur eingelegt wird (Abbildung 3). Dadurch soll später verhindert

werden, dass in den einzelnen Daubenzwischenräumen ein Gasaustausch stattfinden kann. Danach werden die Dauben befeuchtet, gebogen, mit Stahlringen in Form gebracht und mit dem Toasten begonnen. Dabei wird über die Dauer, welche das Fass über die Flammen gestellt wird, die Intensität des Toatings bestimmt. Dabei kann man von leicht über medium bis stark toasten. Sobald das Fass abgekühlt ist, werden die typischen Fassringe entfernt und durch verstellbare Stahlreifen mit einem Spannschloss ersetzt (Abbildung 3), sodass man die Dauben stärker zusammenpressen kann und es zwischen den Dauben zum Luftabschluss kommt. Die Schrauben der Spannschlösser werden dabei mit einer Kraft von 150 Nm angezogen. Dabei werden auch die Böden in das Fass eingesetzt. Auch bei den Böden wird das Barrique erneut modifiziert, da einer der Holzböden durch eine Acrylglasscheibe ersetzt wird und diese, sowie der Holzboden der anderen Fassseite mit Silikon abgedichtet werden (Abbildung 3). Für das fertige Fass wird nun noch ein Loch in passender Größe für die Verschlussapparatur aus Edelstahl an der Oberseite des Fasses eingesägt, welche später eingesetzt wird (Abbildung 3). An diese kann sowohl ein Manometer für die Druckanzeige als auch ein Überdruckventil, ein Probierhahn, eine Zuleitung für N_2 oder CO_2 sowie eine Kühlung angeschlossen werden. Der Spundapparat wird durch ein Gegenstück an der Innenseite des Fasses befestigt, sodass er fest angezogen werden kann, das Silikon alles abdichtet und er auch bei Überdruck im Fass nicht davon abfallen kann. Am Ende der Herstellung wird das Fass äußerlich noch einmal aufbereitet und ist anschließend bereit für den Gebrauch.

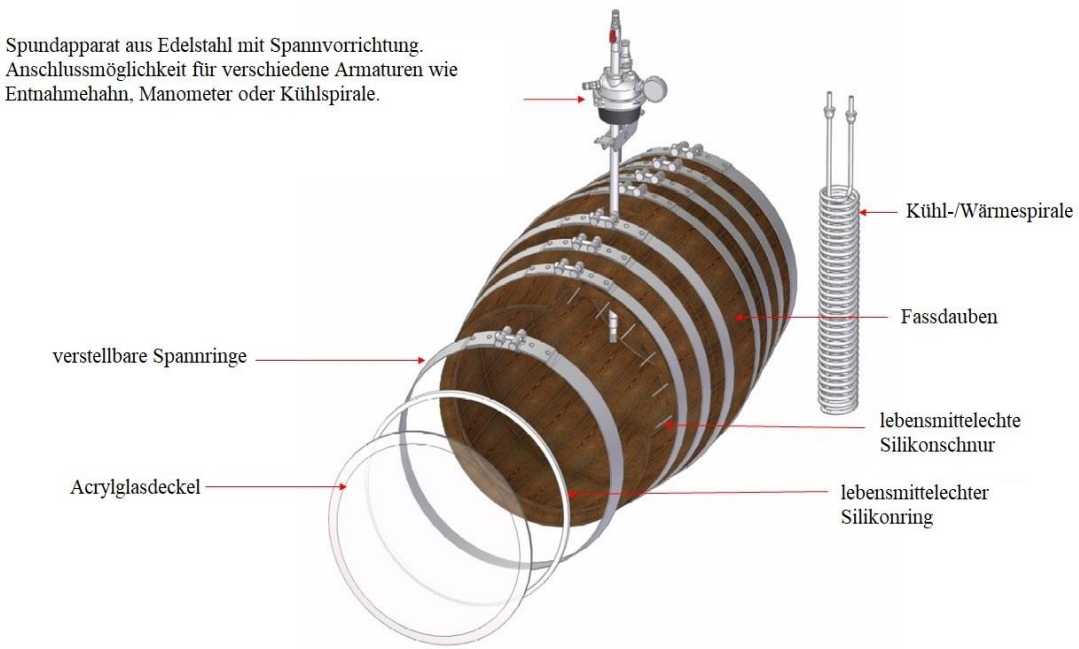

Abbildung 3: Schematischer Aufbau des Auric Infinity Barrels (Auric Barrels 2023), bearbeitet)

3.2 Herstellung und Verarbeitung der Trauben und Weine

Die Trauben für die Herstellung der ersten Weine in Auric Infinity Fässern kamen von mehreren kroatischen Traubenerzeugern. Die Rebsorten Riesling, Welschriesling, Chardonnay und Cabernet Sauvignon wurden vom Weingut Erdutski vinogradi in Erdut in der Donauregion von Kroatien etwa 90 km vom Našice entfernt, bezogen. Dort wurden die Trauben in einer normalen Spalieranlage auf Flachbogen erzeugt und mittels konventionellen Pflanzenschutzes während der Vegetationsperiode behandelt. Die Malvasia-Trauben kamen vom Weingut Kozlović in Buje nahe der Mittelmeerküste in der Nähe von Triest. Die Plavac Mali-Trauben wurden beim Weingut Braenović auf der Halbinsel Pelješac geerntet und dann mittels Kühltransporter nach Nasice gebracht. Über den Reifegrad und die Gesundheit bzw. den Grad der Fäulnis zum Zeitpunkt der Lese Ende September lässt sich keine Aussage treffen, da es dazu keine genauen Informationen vorliegen.

Die Sorten Riesling, Welschriesling und Chardonnay wurden an der Fassfabrik entrappt und anschließend ohne Maischestandzeit mittels einer pneumatischen Howard Rotapress gepresst. Danach wurde der Most direkt, ohne Vorklärung in die Fässer gefüllt. Als Hefe

wurde beim Riesling und Welschriesling *Saccharomyces cerevisiae* (Oenoferm Riesling®, Firma Erbslöh, Geisenheim) eingesetzt, beim Chardonnay *Saccharomyces cerevisiae* (QA23™ Lalvin™. Firma Lallemand, Montreal).

Die Malvasia-Varianten sowie die Rotweine Cabernet Sauvignon und Plavac Mali wurden, entrappt, gequetscht und in die Fässer gefüllt, da diese eine Maischegärung vollzogen. Für den die Malvasia-Fässer wurde *Saccharomyces cerevisiae* (EC 1118™ Lalvin™, Firma Lallemand, Montreal) als Hefe genutzt, für die Rotweine beim Cabernet Sauvignon *Saccharomyces cerevisiae* (SIHA 8®, Firma Eaton, Bonn) und der Plavac Mali wurde mit *Saccharomyces cerevisiae* (Oenoferm Structure®, Firma Erbslöh, Geisenheim) beimpft.

Abbildung 4: Infinity-Fässer während der Gärung in der Sonne (Auric Infinity 2023)

Die Gärung der Weine fand in medium getoasteten Fässern und ohne Gabe von Hefenährstoffen oder ähnlichem statt. Dabei herrschte dauerhaft ein Überdruck von 0,5 bar. Während der Gärung standen die Fässer unter freiem Himmel, sodass Sonnenlicht durch die Acrylglasscheibe auf den gärenden Most treffen konnte (Abbildung 4). Bei der Gärung wurde auf eine Kühlung verzichtet und die Temperatur nicht reguliert. Nach der Gärung lagerten die Weine weiter unter stetigem leichtem Überdruck (0,3-0,5 bar), in den Fässern, bei Bedarf wurde der Überdruck mit N_2 nachgeregelt. Die Fässer wurden dazu

ins Innere des Gebäudes gebracht. Mitte März wurden die Weine von den Fässern mittels N_2 in 10 Liter Edelstahl-Kegfässer überführt (Abbildung 5) und für 10 Tage bei -14 °C Kältestabilisiert. Nach dieser Zeit wurden die Weine mit einer 0,45 µm Membranfilterkerze filtriert (Abbildung 5) und mittels Gegendruckfüller abgefüllt. Die Weine wurden in Weißglasflaschen mit BVS-Mündung und einer Füllmenge von 750 ml abgefüllt. Die Flaschen wurden mit einem Agglomerat-Korten (DIAM® 30 Tradition, Firma DIAM Bouchage SAS, Ceret) und zusätzlich mit einem BVS-Verschluss Verschluss (LC 30 DuR/30x60 mit PVC – Compound Dichtung, Mala Verschlussysteme GmbH, Bad Liebenstein) verschlossen.

Abbildung 5: Vorbereitungen für die Filtration und Abfüllung. Zusehen von links sind Stickstoffflasche, Edelstahl-Kegfass und Filtrationskerze

3.3 Laboranalysen

Für die Untersuchung der Weine wurden verschiedene Methoden genutzt um alle Bestandteile und Eigenschaften der Weine zu ermitteln. Im Folgenden wird darauf eingegangen, wofür welche Analysetechniken eingesetzt wurden und wie diese funktionieren.

3.3.1 FTIR-Analyse

Die Fourier-Transformations-Infrarot-Spektroskopie (FTIR) ist eine schnelle, kostengünstige und einfache Analysemethode, um Routineuntersuchungen im Wein durchzuführen. Dabei werden viele wichtige Daten der Weininhaltsstoffe wie z.B. Alkoholgehalt, Restzucker, pH-Wert und Säurewerte in einer Analysemethode abgedeckt. Die Analyse wurde im Institut für Getränkeforschung der Hochschule Geisenheim durchgeführt.

3.3.2 Spektralphotometrische Analyse nach OIV-MA-AS2-11

Da die Weine bei der Abfüllung durch Sauerstoffeintrag kompromittiert wurden, wurde eine Spektralphotometrische Analyse zur Messung der Farbe durchgeführt. Die Analyse diente dazu, die Farbunterschiede der einzelnen Flaschen genauer bestimmen zu können. Vor der Analyse wurden die Proben zuerst in ein Ultraschallbad gestellt, um das CO_2 im Wein auszutreiben. Anschließend wurden die Proben in Kunsstoffküvetten a 3 ml pipettiert, wobei die Rotweine für die Messung 1:5 verdünnt wurden. Im Spektralphotometer (photoLab 7600UV-VIS) wurden die Proben, bei 380 nm Wellenlänge beginnend, in Schritten von 10 nm bis zu 770 nm Wellenlänge durchgemessen und die Extinktion ermittelt.

3.3.3 Messung der Weinsteinstabilität durch das Checkstab®-Minikontaktverfahren

Die Untersuchung der Weinsteinstabilität erfolgt durch das Minikontaktverfahren von CheckStab®. Für diese Analyse wurden die Proben zuerst auf 0°C heruntergekühlt und mit Kontaktweinstein versetzt (1 g/100 ml bei Weißweinen und 2 g/100 ml bei Rotweinen). Da bei niedrigerer Temperatur die Löslichkeit von Weinstein sinkt, kristallisiert dieser und fällt aus. Durch die Verbindung von Kationen wie Kalium und

Calcium mit Weinsäure und dem daraus entstehenden Salz, sink die Leitfähigkeit und man kann anhand der Höhe des Abfalls erschließen, ob ein Wein weinstein-stabil oder -instabil ist. Dafür wird die Abnahme der Leitfähigkeit über einen Zeitraum von 4 Minuten gemessen. Je höher die Abnahme, desto instabiler der Wein (Schmidt 2009).

3.3.4 Eiweißstabilität

Um die Eiweißstabilität zu ermitteln, wurden zwei Proben a 10 ml pro Sorte in Reagenzgläser gefüllt und die Trübung mittels Trübungsphotometer, gemessen. Anschließend wurden die Proben für zwei Stunden bei 80 °C in eine Wärmekammer gestellt, sodass, trübungsrelevantes Eiweiß, durch die Hitze denaturiert und ausfällt. Danach wurden die Proben mittels Eisbads auf Raumtemperatur abgekühlt und erneut gemessen. Aus der Differenz zwischen dem Wert vor der Behandlung und dem Trübungswert nach der Wärmebehandlung lässt sich bestimmen, ob der Wein eiweißstabil ist oder nicht.

3.3.5 Bestimmung des Gesamtphenolgehaltes nach Folin-Ciocalteu OIV-MA-AS2-11

Um die Belastung der Trauben während der mechanischen Verarbeitung einschätzen zu können, wurde die Gesamtphenolanalyse nach Folin Ciocalteu als Indikator herangezogen. Dabei reagieren phenolische Verbindungen in alkalischer Umgebung mit der Folin-Ciocateu-Reagenz (FCR). Diese Reagenz besteht aus einer Molybdän- und einer Wolframphosphorsäureverbindung. Reagiert diese nun mit den phenolische Substanzen im Wein, entsteht eine Blaufärbung. Die Stärke der Blaufärbung kann bei einer Wellenlänge von 720 nm mittels Photometer gemessen werden. Sollten im Wein SO_2 oder Ascorbinsäure enthalten sein, welche die Werte verfälschen, müssten diese zuvor mit H_2O_2 oxidiert werden. Da die untersuchten Weine jedoch ohne jegliche Zusätze sind, entfiel dies hier.

Bei der Untersuchung wurde wie folgt vorgegangen:

1. In einen 100 ml Messkolben wurden ca. 75 ml destilliertes Wasser vorgelegt
2. 1 ml der Probe und 5 ml FCR werden mittels Pipette in den Kolben geben und vermengt.
3. Nach 3 Minuten wurden 10 ml gesättigte Natriumcarbonat-Lösung hinzugeben und anschließend der Kolben bis zur 100 ml-Markierung mit destilliertem Wasser aufgefüllt. Die Flüssigkeiten wurden vermengt.
4. Nach einer Stunde wurde aus dem Kolben 3 ml entnommen und in eine Kunststoffküvette pipettiert, bei welcher im Spektralphotometer bei einer Wellenlänge von 720 nm die Extinktion gemessen wurde.

Für die Messung der Rotweine wurden die präparierten Rotweine vor der Spektralphotometrie 1:5 verdünnt.

3.3.6 Bestimmung des Flavonoid-Gehalts (Catechin-Gehalt)

Die photometrische Bestimmung des Flavonoid-Gehaltes dient zum einen dazu den Nicht-Flavonoid-Gehalt errechnen zu können, zum anderen zur Einordnung der Anfälligkeit eines Weines gegenüber Sauerstoffeintrag, da Flavan-3-ole und Catechine für Bräunung und Alterung mitverantwortlich sind.

Für die Bestimmung wird eine frisch angesetzte 4-Dimethylaminocinnamaldehyd (DAC)-Lösung verwendet. Diese wurde in einem 100 ml Messkolben angefertigt. Dafür wurden 100 mg DAC in 75 ml Methanol im Messkolben gelöst und anschließend mit 37%iger Salzsäure bis zum Eichstrich aufgefüllt. Anschließend wurde wie folgt vorgegangen.

1. Nullen des Photometers mittels einer Küvette gefüllt mit destilliertem Wasser
2. Probenbereitung: 0,5 ml der Weinprobe und 2,5 ml der DAC-Lösung wurden in eine Küvette pipettieren und gut gemischt.
3. Nach genau 3 Minuten wurde die Extinktion der Probe bei einer Wellenlänge von 640 nm messen.

3.3.7 CO_2-Gehalt und Air-Index

Die Bestimmung des CO_2-Gehaltes und des Air-Indexes wurden mit dem Anton Paar Packaged Beverage Analyzer durchgeführt. Dabei wurde in den Deckel der Flasche eine dünne Hohlnadel gestochen und eine Probe des Weines entnommen, ohne dass die Flasche zuvor geöffnet werden musste. Dadurch konnte der Druck in der Flasche, die Temperatur sowie das im Wein gelöste CO_2 gemessen werden. Zusätzlich wurde auch der Air-Index bestimmt, welcher die Menge an im Wein gelösten Gasen (ohne CO_2) angibt.

3.4 Verkostung

Bei der Verkostung der Weine wurde sich für eine klassische beschreibende Analyse mit anschließender Qualitätsbewertung nach DIN 10969-2001 entschieden. Dabei wurde zuerst eine Vorverkostung durchgeführt bei der 6 Experten der Hochschule Geisenheim beschreibende Attribute (Anhang 2; Tabelle 18) für die verkosteten Weine festlegten, welche später auf dem Verkostungsbogen (Anhang 3; Abbildung 21 & 22) in ihrer Intensität zu bewerten waren. Nach der Vorverkostung wurden die randomisierten Verkostungsbögen erstellt und die Verkostung durchgeführt. Für die Schulung der Prüfer wurden vor den zu bewertenden Weinen zwei Schulungsweine gereicht, ein klassischer Riesling der Hochschule, welcher Attribute wie hellgelb, frisch, fruchtig und reintönig beschreibt und der zu Untersuchende Riesling für die Attribute oxidativ, Kunststoff, bräunlich und Röst-Aromatik. Anschließend wurden zuerst die Weißweine, dann die Rotweine verkostet. An der Verkostung nahmen 30 Studierende der Hochschule, größtenteils aus dem 6. Fachsemester, teil und füllten die Bögen aus.

4. Ergebnisse

Im folgenden Ergebnisteil wird zuerst auf die Analysen, welche während des Weinherstellungsprozesses erhoben und von der Fassküferei Auric Barrels zur Verfügung gestellt wurden eingegangen. Danach werden die chemischen Laboranalysen dargestellt und es wird auf die sensorische Bewertung der Weine eingegangen.

4.1 Daten von Auric Barrels

Neben den Daten, welche an der Hochschule Geisenheim erhoben wurden, hat auch Auric Barrels eine Reihe von Analysen durchgeführt, die dieser Arbeit zur Auswertung bereitgestellt wurden. Dabei handelt es sich zum einen um Daten aus FTIR-Analysen, welche während und nach der Gärung gemacht wurden. Zum anderen sind dies Daten einer Messreihe, welche den gelösten Sauerstoff und das Oxidations-Reduktions-Potential eines Fasses gemessen hat.

4.1.1 FTIR-Analysen der Firma Auric Barrels

Um den Gärverlauf der Fässer zu dokumentieren, wurden von Melita Rumbak, einer früheren Kellermeisterin und Verkaufsleiterin von Auric Barrels, im Abstand 2 bis 3 Tagen FTIR-Analysen der Weine durchgeführt (Anhang 4, Abbildung 24-26). Aus diesen Daten lässt sich ein Gärverlauf erstellen.

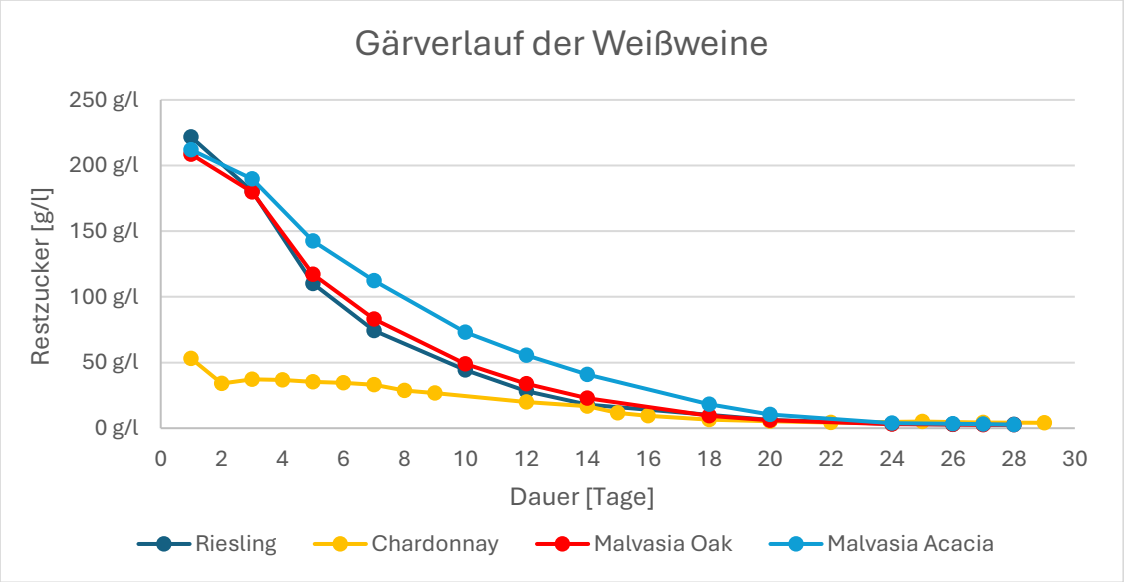

Abbildung 6: Gärverläufe der Weißweine; Erfasst durch die Abnahme des Restzuckers (Auric Barrels 2023)

Die Messungen zeigen alle, dass die Weißweine innerhalb von zwei bis drei Wochen durchgegoren waren. Der Chardonnay war bereits angegoren als die erste Messung erfolgte. Nach 14 Tagen hatten alle Weine weniger als 50 g/l Restzucker, nach 24 Tagen waren alle Weine durchgegoren (Abbildung 6). Die Daten über den Gärverlauf des Welschrieslings liegen nicht vor.

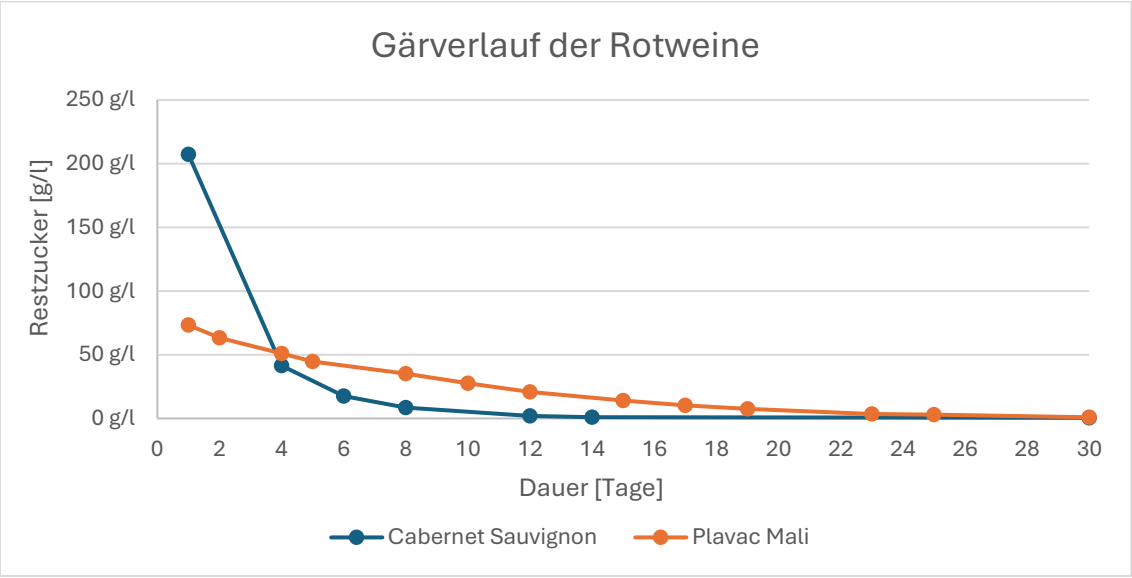

Abbildung 7: Gärverläufe der Rotweine, Erfasst durch die Abnahme des Restzuckers (Auric Barrels 2023)

Bei den Rotweinen war der Plavac Mali bei der ersten Messung ebenfalls angegoren. Der Cabernet Sauvignon war innerhalb von 12 Tagen durchgegoren, der Plavac Mali benötigte über 23 Tage (Abbildung 7).

4.1.2. Gelöster Sauerstoff im Welschriesling-Fass

Das Diagramm des gelösten Sauerstoffs (Abbildung 8) basiert auf Daten aus dem Fass, in dem Welschriesling vergoren wurde. Dieses Fass wurde nach der Fertigstellung mit entsprechenden Sensoren zur Temperatur- und Sauerstoffmessung ausgestattet. Dabei wurde vom 30.9.23 bis zum 05.03.24, im Intervall von 5 Stunden, eine automatisierte Messung durchgeführt. Begonnen am 30.09.23 mit 24,3 °C und 0,087 mg/l gelöstem Sauerstoff stieg die Temperatur in den folgenden Tagen auf 27,9 °C und fiel danach bis zum 18.10.23 auf 19,5 °C herab. In der gleichen Zeit stieg der Gehalt des gelösten Sauerstoffs im Wein auf 0,107 mg/l. Bis zum 31.10.23 stieg die Temperatur wieder auf 24,3 °C wodurch der gelöste Sauerstoff wieder abnahm und auf 0,897 mg/l fiel. Im weiteren Verlauf erkennt man deutlich, dass die Temperatur erneut fiel und sich dadurch der Sauerstoff wieder besser im Wein löste. Im Zeitraum vom 23.12.23 bis zum 07.01.24 ist ein Temperaturabfall von 19,5 °C auf 13,1 °C zu verzeichnen, welches die Menge des gelösten Sauerstoffs in der gleichen Zeit auf 0,148 mg/l stiegen lies. Danach stieg die Temperatur bis zum 19.01.24 wieder auf 20 °C an und der gelöste Sauerstoff trat aus dem Wein aus. In der Zeit vom 20.01.24 bis 05.03.24 blieb die Temperatur dann konstant, was dazu führte, dass sich der Gehalt des gelösten Sauerstoffs nicht mehr stark änderte. Insgesamt ist zu erkennen, dass sich der Gehalt an gelöstem Sauerstoff im Wein über die gesamte Dauer der Messung nur um 0,07 mg/l änderte und dabei die Lösungseigenschaften direkt von der Temperatur abhingen.

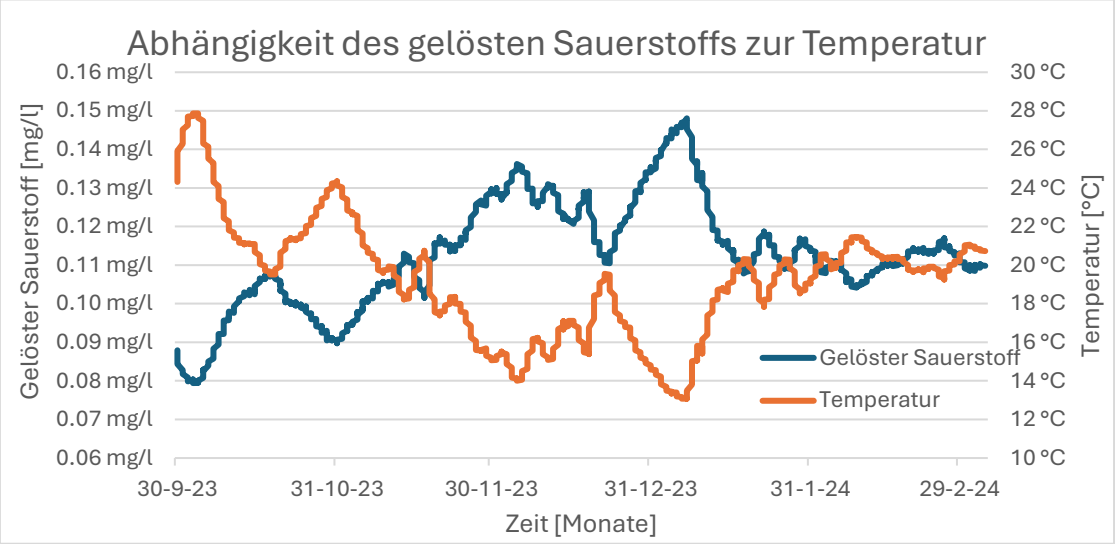

Abbildung 8: Menge an gelöstem Sauerstoff (blaue Linie) in mg/l und Verlauf der Temperatur (orange Linie) in °C zwischen dem 30.09.23 und 05.03.24 im Infinity-Fass des Welschrieslings (Erstellt aus Daten von Auric Barrels)

4.1.3 Oxidations-Reduktions-Potenzial -ORP im Welschriesling-Fass

Neben einem Sensor für den gelösten Sauerstoff wurde im Welschriesling-Fass zusätzlich ein Sensor für das Oxidations-Reduktions-Potential (ORP) installiert. Auch dieser maß automatisch, im Abstand von 5 Stunden, die Temperatur und das ORP. Begonnen wurde mit der Messung ebenfalls am 30.09.23. Zu Beginn betrug die Temperatur 24,3 °C und das ORP 251 mV. Innerhalb von zwei Tagen fiel das ORP auf -93 mV, blieb für drei Tage auf diesem Wert und stieg dann wieder schnell auf 150 mV (Abbildung 9). Im gleichen Zeitraum änderte sich die Temperatur lediglich um 2 °C und fiel auf 20 °C. Danach nahm das ORP bis zum 12.11.23 auf -19 mV ab und stieg dann auf 180 mV an. Nach diesem starken Anstieg sank das Oxidations-Reduktions-Potential über die Zeit zwischen dem 14.11.23 bis zum 01.03.24 auf -100 mV ab. Über den gesamten Zeitraum schwankte die Temperatur zwischen 13 °C und 22 °C. Ein direkter Zusammenhang zwischen der vorherrschenden Temperatur und dem Oxidations-Reduktions-Potential ist nicht erkennbar.

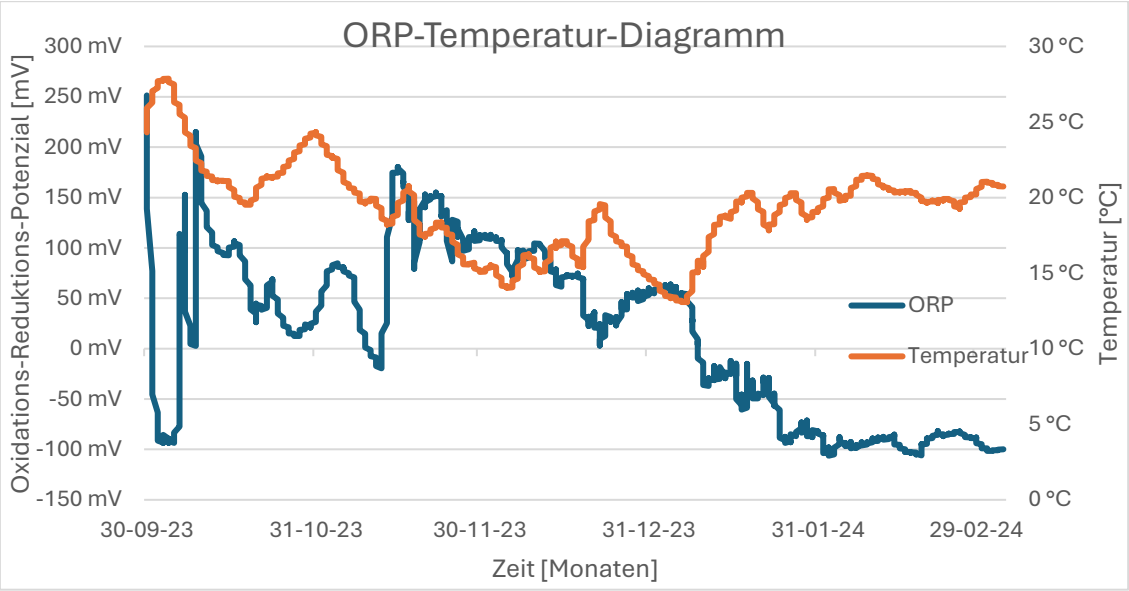

Abbildung 9: Änderung des Oxidations-Reduktions-Potentials (blaue Linie) in mV und Verlauf der Temperatur (orange Linie) in °C zwischen dem 30.09.23 und 05.03.24 im Infinity-Fass des Welschrieslings (Erstellt aus Daten von Auric Barrels)

4.1.4 Druck in den Fässern

In Abbildung 10 sind der Druck und die Temperatur in den Fässern des Cabernet Sauvignon und des Welschrieslings im Zeitraum vom 02.10.23 bis zum 05.03.24 zu sehen. Die Rohdaten konnten aus dem dafür genutzten Programm nicht entnommen werden, sodass nur ein Screenshot gemacht werden konnte. Die zwei Linien (grün=Cabernet Sauvignon, rot=Welschriesling) zeigen dabei die Temperatur. Die Temperatur verhält sich in beiden Fässern gleich, da beide Fässer im Inneren des Gebäudes unter gleichen Bedingungen gelagert wurden. Beim Druck hingegen sind einige Unterschiede zu erkennen. So ist zu erkennen, dass das Fass des Cabernet Sauvignon (gelbe Linie) den Druck nicht so gut halten konnte, wie das Fass des Welschrieslings (blaue Linie). Dennoch war es, über den gesamten Zeitraum, nur einmal nötig den Überdruck im Cabernet Sauvignon-Fass durch Zugabe von N_2 wieder herzustellen. Dies ist erkenntlich am abrupten Anstieg des Drucks (Pfeile auf gelbe Linie). Ansonsten sind die Schwankungen des Drucks in Abhängigkeit mit der Temperatur zu erklären. Über den gesamten Zeitraum ist der Druck im Fass des Cabernet Sauvigon um 0,9 bar gesunken, im Fass des Welschrieslings um 0,4 bar.

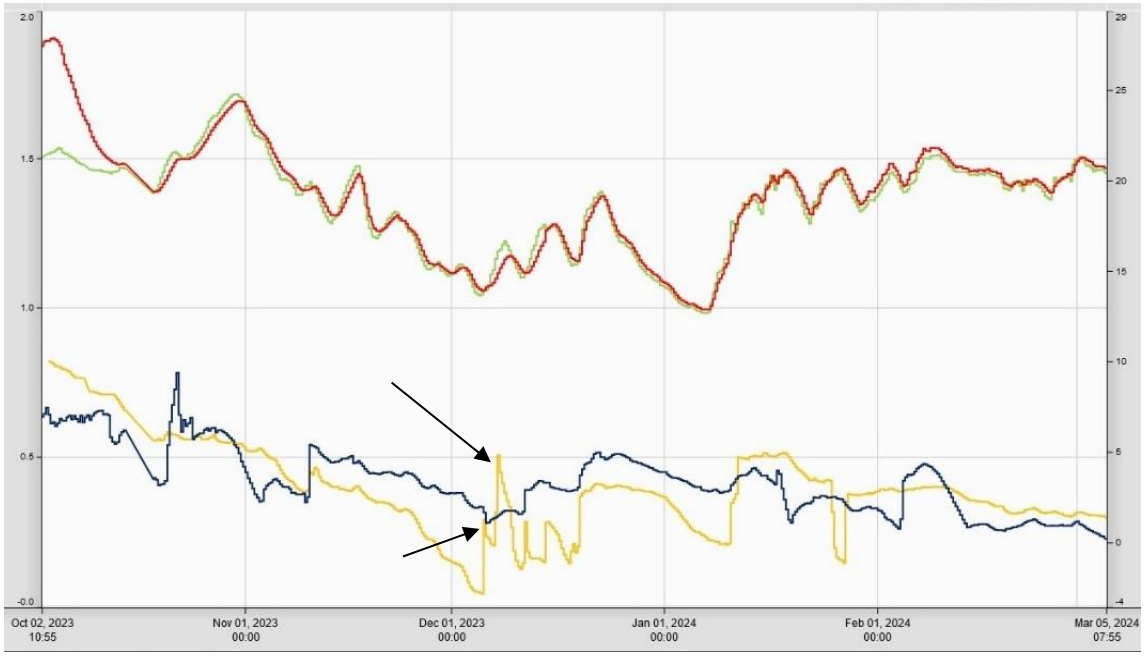

Abbildung 10: Screenshot der Druck- und Temperaturänderung in den Fässern des Welschrieslings (rote Linie=Temperatur, blaue Linie=Druck) und des Cabernet Sauvignon (grüne Linie=Temperatur, gelbe Linie=Druck) zwischen dem 02.10.23 und 05.03.24 (Auric Barrels)

4.2 Daten der Laboranalysen

4.2.1 FTIR-Analyse der abgefüllten Weine

Aus der FTIR-Analyse lassen sich neben den offensichtlichen Eigenschaften der Weine wie Alkohol- und Säuregehalt weitere wichtige Informationen ableiten.

Tabelle 1: FTIR-Analyse der abgefüllten Weine vom 16.04.2024

FTIR-Analyse			Riesling	Welschriesling	Chardonnay	Malvasia Oak	Malvasia Acacia	Cabernet Sauvignon	Palvac Mali
Dichte	FTIR	20/20	0,9898	0,9903	0,9911	0,9938	0,9938	0,9932	0,9957
vorhandener Alkohol	FTIR	g/l	112,3	104,9	103,6	97,5	97,7	104,2	127,3
vorhandener Alkohol	ber	% Vol	14,2	13,3	13,1	12,3	12,4	13,2	16,1
Extrakt	ber.	g/l	21,1	19,6	21,2	25,9	25,9	26,8	41,5
zuckerfreier Extrakt	ber.	g/l	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
red. Zucker	FTIR	g/l	1,0	0,8	1,3	2,6	2,7	0,1	1,5
Glucose	FTIR	g/l	0,0	0,5	0,7	1,6	1,6	0,0	0,4
Fructose	FTIR	g/l	1,5	1,8	1,0	1,0	0,9	0,1	1,0
pH - Wert	FTIR		3,2	3,4	3,5	3,6	3,6	3,6	4,7
Gesamtsäure	FTIR	g/l	6,4	5,4	4,9	5,3	5,1	5,0	4,0
Weinsäure	FTIR	g/l	2,9	1,4	1,5	1,5	1,5	2,0	1,5
Äpfelsäure	FTIR	g/l	0,1	0,2	0,1	0,2	0,2	0,0	0,0
Milchsäure	FTIR	g/l	0,6	1,4	1,5	1,6	1,5	1,1	1,3
flüchtige Säure	FTIR	g/l	0,8	0,8	0,7	0,8	0,7	0,8	1,0
Glycerin	FTIR	g/l	8,9	9,0	8,1	6,7	6,7	9,5	10,1
freie SO2	FTIR	mg/l	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0
Gesamte SO2	FTIR	mg/l	35,0	35,0	36,0	36,0	35,0	35,0	35,0

Anhand der Werte für Glucose und Fructose kann aus Tabelle 1 entnommen werden, dass alle Weine nahezu komplett durchgegoren sind. Aus dem Äpfelsäuregehalt, welcher bei allen Weinen zwischen 0,0 g/l und 0,2 g/l (Tabelle 1, Zeile 12) liegt und dem Milchsäuregehalt, welcher zwischen 0,6 g/l und 1,5 g/l (Tabelle 1, Zeile 13) liegt, kann man erschließen, dass alle analysierten Weine eine malolaktische Fermentation vollzogen haben. Weiterhin hervorzuheben sind sowohl der hohe Extraktwert von 41,5 g/l beim Plavac Mali wie auch dessen hoher pH-Wert von 4,7 (Tabelle 1). Die pH-Werte der anderen Weine liegen in einem Bereich von 3,2 bis 3,6.

4.2.2 Spektralanalyse

Wie in Kapitel 3.4.2 bereits erwähnt, wurden pro Variante (Rebsorte) sechs 0,75 l Weißglas-Flaschen versuchswein von der Fassküferei Auric Barrels abgefüllt und für Analysen zur Verfügung gestellt. Bereits optisch war erkennbar, dass diese Proben sehr heterogen waren. Die Messwerte aus der Spektralanalyse stellen die farblichen Eigenschaften der Weine nun dar. Die Extinktionsmesswerte aus der Spektralanalyse lassen sich in den L-a-b-Farbraum umrechnen. L steht hierbei für die Helligkeit, wobei 0=schwarz und 100=weiß ist. a und b geben die Farbkomponenten an, a>0 bedeutet eine rote, a<0 bedeutete eine grüne Farbkomponente. Bei b ist es für b>0 eine gelbe und b<0 eine blaue Farbausprägung. Δ beschreibt die Differenz der jeweiligen Werte, wenn die Farben verglichen werden. Mittels der Formel

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2}$$

lässt sich anschließend die farbliche Differenz zweier Weine bestimmen. Eine Orientierungshilfe über die Wahrnehmbarkeit der farblichen Unterschiede bietet dabei Tabelle 2.

Tabelle 2: Interpretationshilfe ΔE (Quelle: https://de.wikipedia.org/wiki/Delta_E)

ΔE	Bewertung
0,0 - 0,5	nahezu unmerklich
0,5 - 1,0	für das geübte Auge erkennbar
1,0 - 2,0	geringer Farbunterschied
2,0 - 4,0	wahrgenommener Farbunterschied
4,0 - 5,0	wesentlicher, selten tolerierter Farbunterschied
über 5,0	die Differenz wird als andere Farbe eingeordnet

Neben der Spektralanalyse, welche die Unterschiede mittels Zahlenwerte offenlegte, wurden die Flaschen aller Sorten auch fotografiert, um einen bildlichen Nachweis zu erhalten (Anhang 1; Abbildung 14-20). Vor allem bei den Varianten „Chardonnay“ und „Malvasia Oak“ sind sowohl die messbaren Farbunterschiede der einzelnen Flaschen (Tabelle 3 & 4) am höchsten, als auch die optischen Unterschiede auf den Bildern (Anhang 1, Abbildung 16 & 17).

Tabelle 3: Spektralphotometrie der abgefüllten Weißweine ohne Maischegärung

	Riesling (1)	Riesling (2)	Welschriesling (1)	Welschriesling (2)	Chardonnay (1)	Chardonnay (2)
L*	96,354	97,135	94,414	94,483	93,897	95,293
a*	-0,552	-0,677	-0,796	-0,582	0,635	0,441
b*	9,802	9,644	11,584	12,375	11,558	11,823
ΔE	0,000	0,807	0,000	0,822	0,000	1,434

Es wurden je zwei Flaschen miteinander verglichen, sodass die ΔE-Werte sich auf den gleichen Wein der jeweiligen Sorte beziehen. So ist sowohl beim Riesling als auch beim Welschriesling ein ΔE-Wert von 0,8 (Tabelle 3) als Farbdifferenz errechnet worden. Mittels der Tabelle 2 lässt sich somit für beide Weine sagen, dass der Farbunterschied der einzelnen Flaschen nur marginal war und wenn überhaupt nur von einem geschulten Auge erkennbar ist. Dieses Ergebnis lässt sich auch auf den Bildern im Anhang bestätigen. Der Chardonnay hingegen weist zwischen den zwei untersuchten Flaschen eine Farbdifferenz von ΔE=1,4 (Tabelle 3) auf was laut Tabelle 2 zwar als geringer Farbunterschied eingestuft wird, aber durchaus deutlich ersichtlich ist (Anhang 1; Abbildung 16).

Tabelle 4: Spektralphotometrie der abgefüllten maischevergorenen Weiß- und Rotweine

	Malvasia Oak (1)	Malvasia Oak (2)	Malvaia Acacia (1)	Malvasia Acacia (2)	Cabernet Sauvignon	Plavac Mali
L*	94,120	95,137	95,448	94,820	78,452	73,124
a*	-0,625	-0,533	-0,718	-0,675	-86,688	-88,904
b*	14,333	14,879	16,659	16,198	20,561	24,755
ΔE	0,000	1,158	0,000	0,780	0,000	7,133

Bei den maischevergorenen Weinen wurde der Flaschenvergleich nur für die Weißweine durchgeführt, da bei den Rotweinen die Farbunterschiede optisch deutlich schwerer zu erkennen waren. Dabei ist zu bemerken, dass die Malvasia-Variante aus dem Eichenfass mit ΔE=1,2 (Tabelle 4) eine größere Farbdifferenz im Flaschenvergleich zeigt als die Variante aus dem Akazienfass mit ΔE=0,78 (Tabelle 4).

Tabelle 5: Farbintensitäten und Farbnuancen der abgefüllten Rotweine

	Cabernet Sauvignon	Plavac Mali
420 nm	2,230	2,370
520 nm	3,170	2,515
620 nm	0,665	0,965
Intensität	6,065	5,850
Nuance	0,703	0,942

Statt die Flaschenvarianz zu ermitteln, wurde bei den Rotweinen die Farbintensität und die Farbnuancen ermittelt. Die Intensität errechnet sich aus der Summe der Extinktionswerte bei 420 nm, 520 nm und 620 nm Wellenlänge. Je höher dieser Wert, desto intensiver ist die Farbe des Weines. Die Farbnuance errechnet sich aus der Division der Extinktionswerte bei 420 nm und 520 nm. Sie gibt an, in welche Farbrichtung der Wein tendiert. Je niedriger der Wert (< 1), desto rötlicher ist der Wein, je höher, desto mehr neigt die Farbe in einen bräunlichen Farbton. Für die Farbintensität ergibt sich somit für den Cabernet Sauvignoneinen Wert von 6,065 und den Plavac Mali einen Wert von 5,850 (Tabelle 5). Bei den Nuancen ist die Differenz der beiden Weine etwas höher, hier zeigt der Cabernet Sauvignon einen Wert von 0,703 und der Plavac Mali einen Wert von 0,942 (Tabelle 5). Der Vergleich beider Sorten miteinander zeigt, dass der Plavac Mali eine komplett andere Farbe besitz als der Cabernet Sauvignon da ΔE mit 7,1 (Tabelle 4) sehr hoch ausfällt.

4.2.3 Weinsteinstabilität

Tabelle 6: Leitfähigkeitsabnahme während der Kältetests

Sorte	Abnahme Leitfähigkeit	Weinsteinstabilität
Riesling	-14 µS/cm	stabil
Welschriesling	-14 µS/cm	stabil
Chardonnay	-11 µS/cm	stabil
Malvasia Oak	-20 µS/cm	stabil
Malvasia Acacia	-23 µS/cm	stabil
Cabernet Sauvignon	-19 µS/cm	stabil
Plavac Mali	-35 µS/cm	stabil

Die Untersuchung der Weinsteinstabilität zeigte nur eine geringe Abnahme der Leitfähigkeit der jeweiligen Weine (Tabelle 6), welche für den Chardonnay -11 µS/cm, den Riesling und Welschriesling -14 µS/cm und bei den Malvasia-Varianten für Eiche

-20 µS/cm und Akazie bei -23 µS/cm betrug. In Tabelle 7, welche aus dem Bericht von Schmidt (2009) entnommen wurde, ist eine Einteilung enthalten, nach welcher alle Weine, auch die Rotweine Cabernet Sauvignon mit -19 µS/cm und Plavac Mali mit -35 µS/cm als weinsteinstabil eingestuft werden können.

Tabelle 7: Einordnungshilfe der Leitfähigkeitsabnahme (Quelle: Schmidt 2009)

	Weißwein	**Rotwein**
stabil	< 30 µS/cm	< 50 µS/cm
bedingt stabil	31-60 µS/cm	-51-70 µS/cm
instabil	> 60 µS/cm	> 70 µS/cm

4.2.4 Eiweißstabilität

Sowohl die Messung der Trübung vor der Wärmebehandlung, welche Trübungswerte zwischen 0,55 TE/F und 1,35 TE/F ergab, als auch die Werte danach, welche zwischen 0,3 TE/F und 1,1 TE/F lagen zeigen, dass durch die Wärmebehandlung keine stärkere Trübung entstanden ist (Tabelle 8). Ist die Differenz der Trübungen bei einem Wein niedriger als ΔTE/F < 2, gilt der Wein als eiweißstabil (Reynolds 2010). Das bedeutet, dass kein trübungsrelevantes Eiweiß durch die Hitze ausgefallen ist und der Wein als klar gilt.

Tabelle 8: Trübungswerte der Weine vor & nach dem Wärmetest (80 °C für 2h) und deren Differenz

Sorte	**Trübungswert vorher [TE/F]**	**Trübungswert (nachher 80) [TE/F]**	**ΔTE/F (Differenz)**
Riesling (1)	0,571	0,380	0,191
Riesling (A)	0,613	0,305	0,308
Welschriesling (2)	0,877	0,697	0,180
Welschriesling (B)	1,249	0,809	0,440
Chardonnay (3)	0,608	0,588	0,020
Chardonnay (C)	0,751	0,741	0,010
Malvasia Oak (4)	1,346	1,126	0,220
Malvasia Oak (D)	0,717	0,927	-0,210
Malvasia Acacia (5)	0,746	0,616	0,130
Malvasia Acacia (E)	0,696	0,483	0,213
Cabernet Sauvignon (6)	0,719	0,610	0,109
Cabernet Sauvignon (F)	0,743	0,510	0,233
Plavac Mali (7)	0,550	0,519	0,031
Plavac Mali (G)	0,773	0,598	0,175

4.2.5 Gesamtphenol-Analyse

Bei der Analyse der Gesamtphenole zeigte sich, dass die Rotweine deutlich mehr Gesamtphenole als die Weißweine enthalten. Aber auch bei den Weißweinen war der Unterschied zwischen den Weinen, welche auf der Maische vergoren wurden und denen die gepresst und nur der Most vergoren wurde deutlich zu erkennen. Den niedrigsten Gesamtphenolgehalt mit 234 mg/l wies der Welschriesling auf, gefolgt vom Riesling mit 341 mg/l und dem Chardonnay mit 660 mg/l, welcher fast dreimal so hoch war wie der des Welschrieslings (Abbildung 11).

Die maischevergorenen Malvasia-Weine waren sehr ähnlich zueinander mit 1251 mg/l bei der Eichenvariante und 1298 mg/l bei der Akazienvariante (Abbildung 11). Die Rotweine, welche ebenfalls auf der Maische vergoren wurden, sind typischerweise noch höher. Dabei hatte der Cabernet Sauvignon 2496 mg/l und der Plavac Mali 3936 mg/l Gesamtphenole (Abbildung 11).

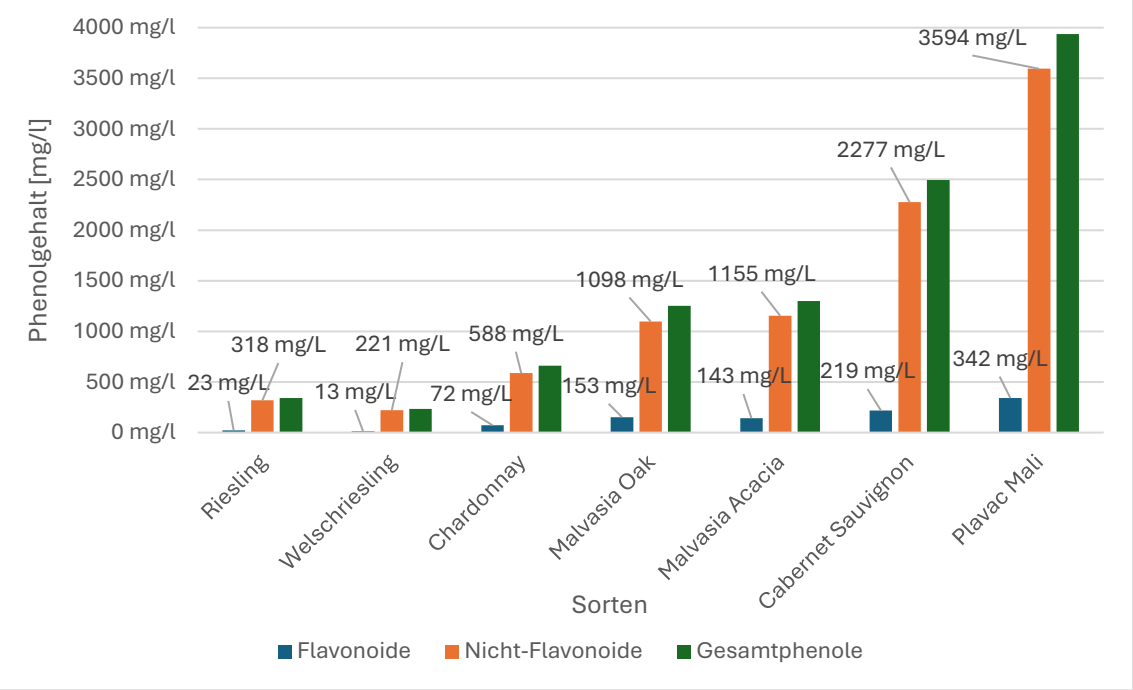

Abbildung 11: Phenolgehalte (ausgedrückt als Catechin) der abgefüllten Weine. Gesamtphenole bestimmt nach Folin-Ciocalteu.

Durch die Analyse der Flavonoide, bei welchen die Werte zwischen 13 mg/l beim Welschriesling und 342 mg/l beim Plavac Mali lagen, lässt sich auch der Gehalt der Nicht-Flavonoiden errechnen (Gesamtphenolgehalt – Flavonoide = Nicht-Flavonoide). Dieser lag beim Welschriesling bei 221 mg/l, für den Riesling bei 318 mg/l und dem

Chardonnay bei 588 mg/l (Abbildung 11). Somit ergab sich für die Weine, welche als Most vergoren wurden, ein Flavonoid-/Nicht-Flavonoid-Verhältnis von 1:14 beim Riesling, 1:17 beim Welschriesling und 1:8 beim Chardonnay.

Die Malvasia-Varianten zeigten bei den Werten für die Flavonoide ähnliche Werte mit 143 mg/l für das Akazien-Holzfass und 153 mg/l für das Eichen-Holzfass. Somit ergab sich hier nach Errechnen der Nicht-Flavonoide (1098 mg/l Eiche, 1155 mg/l Akazie) für beide Weine ein Verhältnis von 1:8. Auch die Rotweine waren im Verhältnis (1:8,7 bei beiden) fast identisch, lediglich die Höhe des Nicht-Flavonoid-Gehaltes war beim Plavac Mali mit 3594 mg/l deutlich höher als beim Cabernet Sauvignon mit 2277 mg/l (Abbildung 11).

4.2.6 Air-Index

Tabelle 9: Fremdgasmessung in den abgefüllten Flaschen des Rieslings (Air-Index) mit dem Anton Paar Packaged Beverage Analyzer

Riesling	Temperatur	Druck	CO_2-Gehalt	Air-Index
Flasche 1	13,7 °C	1,746 bar	1,43 g/l	40,8 mg/l
Flasche 2	15,8 °C	1,435 bar	1,05 g/l	40,2 mg/l
Durchschnitt	14,8 °C	1,591 bar	1,24 g/l	40,5 mg/l

Die Air-Index Werte beider Riesling-Flaschen lagen mit 40,8 mg/l und 40,2 mg/l sehr nahe beieinander (Tabelle 9). Auffallend ist jedoch, dass der CO_2-Gehalt der zweiten Flasche mit 1,05 g/l um 0,38 g/l deutlich niedriger war als der der ersten Flasche.

Tabelle 10: Fremdgasmessung in den abgefüllten Flaschen des Welschrieslings (Air-Index) mit dem Anton Paar Packaged Beverage Analyzer

Welschriesling	Temperatur	Druck	CO_2-Gehalt	Air-Index
Flasche 1	13,5 °C	1,420 bar	1,27 g/l	35,8 mg/l
Flasche 2	16,8 °C	1,173 bar	1,10 g/l	33,7 mg/l
Durchschnitt	15,2 °C	1,297 bar	1,19 g/l	34,8 mg/l

Beim Welschriesling zeigt sich ein ähnliches Bild wie beim Riesling. Die Air-Index-Werte waren mit 35,5 mg/l und 33,7 mg/l nahe beieinander, die CO_2-Gehälter mit 1,27 g/l und 1,10 g/l (Tabelle 10) auch etwas weiter auseinander, aber nicht so weit wie beim Riesling.

Tabelle 11: Fremdgasmessung in den abgefüllten Flaschen des Chardonnays (Air-Index) mit dem Anton Paar Packaged Beverage Analyzer

Chardonnay	Temperatur	Druck	CO_2-Gehalt	Air-Index
Flasche 1	14,3 °C	1,044 bar	0,88 g/l	33,3 mg/l
Flasche 2	17,4 °C	0,742 bar	0,87 g/l	27,4 mg/l
Durchschnitt	15,9 °C	0,893 bar	0,88 g/l	30,4 mg/l

Beim Chardonnay (Tabelle 11) zeigt sich ein anderes Bild. Hier war der CO_2-Gehalt nahezu identisch, dafür war die Differenz im Air-Index mit 5,9 mg/l bei den beiden untersuchten Flaschen erhöht.

Tabelle 12: Fremdgasmessung in den abgefüllten Flaschen des Malvasia Oak (Air-Index) mit dem Anton Paar Packaged Beverage Analyzer

Malvasia Oak	Temperatur	Druck	CO_2-Gehalt	Air-Index
Flasche 1	13,7 °C	1,474 bar	1,31 g/l	36,6 mg/l
Flasche 2	19,3 °C	1,066 bar	1,31 g/l	28,9 mg/l
Durchschnitt	16,5 °C	1,270 bar	1,31 g/l	32,8 mg/l

Das gleiche Muster wie beim Chardonnay lässt sich auch bei den Flaschen des Malvasia Oak (Tabelle 12) wiederfinden. Die CO_2-Werte waren identisch, die Differenz im Air-Index ist mit 7,7 mg/l höher als beim Chardonnay.

Tabelle 13: Fremdgasmessung in den abgefüllten Flaschen des Malvasia Acacia (Air-Index) mit dem Anton Paar Packaged Beverage Analyzer

Malvasia Acacia	Temperatur	Druck	CO_2-Gehalt	Air-Index
Flasche 1	13,6 °C	0,920 bar	2,03 g/l	13,8 mg/l
Flasche 2	17,0 °C	1,004 bar	2,13 g/l	14,7 mg/l
Durchschnitt	15,3 °C	0,962 bar	2,08 g/l	14,3 mg/l

Beim Malvasia Acacia (Tabelle 13) war der sehr hohe CO_2-Gehalt von über 2 g/l in beiden Proben auffallend, sowie die Tatsache, dass der Air-Index beider Flaschen deutlich niedriger ist als bei den anderen Sorten.

Tabelle 14: Fremdgasmessung in den abgefüllten Flaschen des Cabernet Sauvignon (Air-Index) mit dem Anton Paar Packaged Beverage Analyzer

Cabernet Sauvignon	Temperatur	Druck	CO_2-Gehalt	Air-Index
Flasche 1	14,1 °C	1,189 bar	1,48 g/l	27,0 mg/l
Flasche 2	20,0 °C	0,847 bar	1,27 g/l	24,5 mg/l
Durchschnitt	17,1 °C	1,018 bar	1,38 g/l	25,8 mg/l

Der Cabernet Sauvignon (Tabelle 14) wies zwischen den beiden untersuchten Flaschen leichte Unterschiede auf. Beim Druck liegt die Differenz bei 0,3 bar, der CO_2-Gehalt unterscheidet sich um 0,2 g/l und der Air-Index um 2,5 mg/l. Einen großen Unterschied

stellt die Untersuchungstemperatur dar, diese war bei der ersten Flasche mit 14 °C um 6 °C niedriger als bei der zweiten Flasche.

Tabelle 15: Fremdgasmessung in den abgefüllten Flaschen des Plavac Mali (Air-Index) mit dem Anton Paar Packaged Beverage Analyzer

Plavac Mali	Temperatur	Druck	CO_2-Gehalt	Air-Index
Flasche 1	14,3 °C	1,916 bar	1,63 g/l	43,0 mg/l
Flasche 2	20,0 °C	1,513 bar	1,44 g/l	37,5 mg/l
Durchschnitt	17,2 °C	1,715 bar	1,54 g/l	40,3 mg/l

Die Weine des Plavac Mali hatten einen sehr hohen Air-Index, wobei Flasche 1 mit 43,0 mg/l den höchsten Wert aller untersuchter Flaschen aufwies. Der Air-Index von Flasche 2 war mit 37,5 mg/l (Tabelle 15) auch sehr hoch, lag dennoch mit einer Differenz von 5,5 mg/l hinter Flasche 1.

4.3 Ergebnisse der Verkostung

Im Folgenden wird nun auf die Ergebnisse der Verkostung der Weine eingegangen. An der Verkostung der Weine nahmen 30 Student*innen teil, welche die Weine nach den in der Vorprobe festgelegten Attributen bewerteten. Die relative Skala ging dabei von 0 bis 5, wobei 0 für „trifft nicht zu“ und 5 für „trifft zu“ stand. Bei der Farbbeurteilung stand 0 für „hellgelb“ bei den Weißweinen, beziehungsweise „rubinrot“ bei den Rotweinen und 5 stand bei beiden für „bräunlich“. Die Auswertung erfolgte dabei mittels des Durchschnitts der Bewertungen. Um zu überprüfen ob Signifikante Unterscheidbarkeit vorliegt wurde der Tukey-Schnelltest verwendet.

4.3.1 Weißweine

Beginnend bei der Bewertung der Farbe ist gut zu erkennen, dass der Riesling (1,9) und der Welschriesling (2,1) deutlich hellgelber bewertet wurden als die zwei maischevergorenen Malvasia-Varianten (Oak=3,7; Acacia=4,0) und der Chardonnay (4,2) (Abbildung 12). Dabei sind der Riesling und der Welschriesling beide signifikant (99,9%) von den anderen drei Weinen zu unterscheiden. Die zwei Malvasia-Varianten und der Chardonnay unterscheiden sich farblich nicht signifikant untereinander. Für die Reintönigkeit der Weine lag der Mittelwert der Bewertungen zwischen 1,5 beim Malvasia Acacia und 2,3 beim Welschriesling und Chardonnay, was zeigt, dass die Weine leichte Fehlnoten aufwiesen. Auch hier gab es einen signifikanten Unterschied. Die zwei Malvasia-Varianten und der Riesling lassen sich mit 95%ieger Genauigkeit vom Welschriesling und Chardonnay unterscheiden. Die Bewertung des oxidativen Charakters der Weine ist im Mittel bei allen Weinen nahe beisammen mit Durchschnittswerten zwischen 2,7 und 3,1. Hier gab es keine signifikante Unterscheidung. Als Wein mit der geringsten Kunststoffnote wurde der Chardonnay (1,8) bewertet. Beim Malvasia Oaks wurde von den Testerinnen und Tester die stärkste Kunsstoffnote (2,5) festgestellt. Auch hier gab es keinen signifikanten Unterschied. Bei der Fruchtigkeit liegen die Weine weiter auseinander, hier schnitten die beiden Malvasia-Varianten (Oak=1,6; Acacia=1,3) am wenigsten fruchtig ab und der Welschriesling (2,3) wurde im Durchschnitt am fruchtigsten bewertet. Diese Unterscheidbarkeit ist auch zu 99% signifikant. Die Reife-Aromatik der Weine ist hervorzuheben, hier wurden alle Weine mit 2,6 und höher bewertet, jedoch nicht signifikant unterscheidbar. Die Apfel-Aromatik, welche oftmals

bei oxidierten Weinen auftritt, wurde hingegen bei allen Weinen als deutlich weniger zutreffend empfunden. Signifikant zu unterscheiden waren die Weine dabei nicht. Eine Röst-Aromatik durch die Fässer war bei allen verkosteten Weinen entsprechend vorhanden, und wurde im Mittel mit 2,5 bis 2,9 bewertet. Die Bewertungen lagen hier zu nahe beieinander um die Weine zu unterscheiden. Die Phenolstruktur wurde bei den Weißweinen wie folgt wahrgenommen. Die Malvasia-Varianten sind beide mit 3,5 bewertet worden, wohingegen die anderen Weißweine mit 2,8 im Durchschnitt deutlich weniger phenolisch erschienen. Jedoch ist nur der Riesling mit 99% Signifikanzniveau von den Malvasia-Varianten zu unterscheiden gewesen.

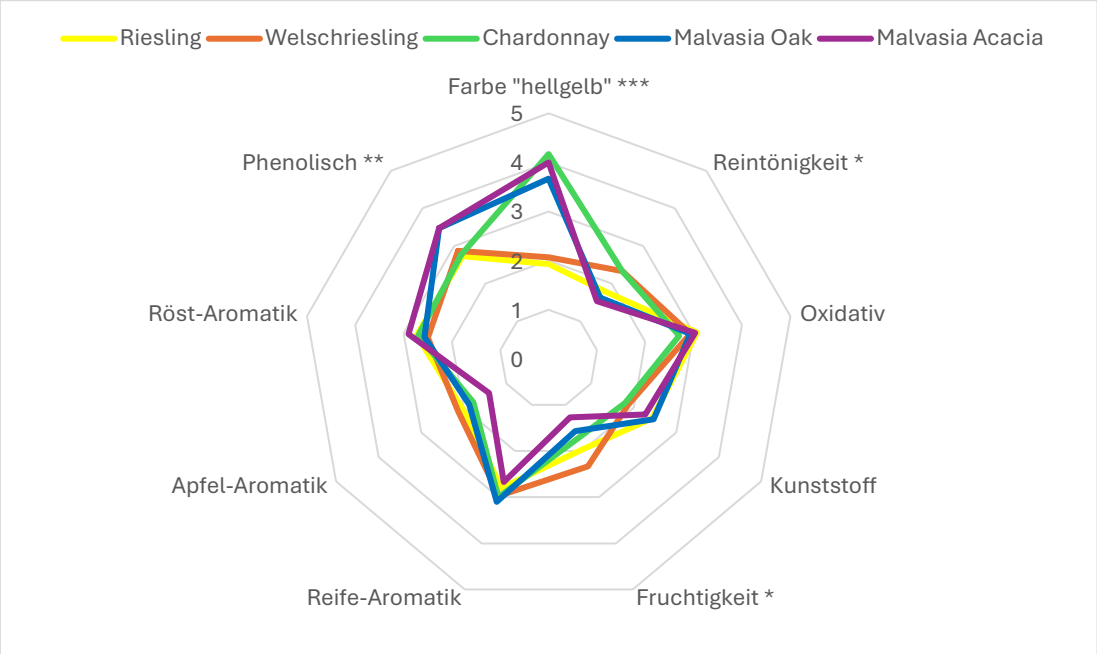

*Abbildung 12: Spinnennetzdiagramm mit der Verkostungsbewertung der Attribute der Weißweine. (0 = „trifft nicht zu“, 5 = „trifft zu“). Signifikanzniveau: *=95%, **=99%, ***=99,9%*

Die Standardabweichungen (Tabelle 16) für die Bewertungen lassen sich mittels der Formel berechnen:

$$Standardabweichung\ (s) = \sqrt{\sum_{i=1}^{n} (x_i - \emptyset)^2 * p_i}$$

n gibt dabei die Anzahl der Bewertungen an, x_i die Bewertung (0-5), ∅ den Durchschnitt der Bewertungen und p_i die Häufigkeit der einzelnen Bewertungen.

Anhand ihr lässt sich eine Aussage über die Streubreite der Bewertungen treffen. Je höher dieser Wert, desto weiter waren die Bewertungen im Durchschnitt vom Mittelwert entfernt. Je niedriger, desto enger lagen die Bewertungen beisammen. Die Standardabweichungen bei der Farbbewertung sind bei allen Weinen sehr niedrig. Bei den Malvasia-Varianten liegen sie bei unter 1 und bei den mostvergorenen Weinen zwischen 1,01 und 1,2 (Tabelle 16).

Tabelle 16: Standardabweichungen der Verkostungsergebnisse der Weißweine

	Riesling	**Welschriesling**	**Chardonnay**	**Malvasia Oak**	**Malvasia Acacia**
Farbe	1,20	1,01	1,09	0,84	0,87
Reintönigkeit	1,32	1,21	1,45	1,07	1,41
Oxidativ	1,31	1,23	1,42	1,48	1,43
Kunststoff	1,59	1,87	1,65	1,87	1,51
Fruchtigkeit	1,27	1,15	1,08	1,22	1,05
Reife-Aromatik	1,54	1,07	1,56	1,09	1,37
Apfel-Aromatik	1,19	1,25	1,33	1,33	1,35
Röst-Aromatik	1,46	1,70	1,66	1,55	1,54
Phenolisch	1,66	1,31	1,48	1,07	1,33

4.3.2 Rotweine

Auf den ersten Blick erscheinen die Daten der Verkostung der beiden Rotweine sehr konträr. Die Farbe beim Cabernet ist mit einem Wert von 0,6 als „rubinrot“ bewertet worden, wohingegen der Plavac Mail mit 2,7 schon einen bräunlichen Ton hatte. Auch bei der Reintönigkeit wurde der Cabernet Sauvignon mit einem Durchschnittswert von 3,4 sehr gut bewertet, wohingegen der Plavac Mali mit 2,0 als sensorisch fehlerhaft beschrieben wurde. Die beschriebene Kunststoffnote war beim Plavac Mali (1,6) mehr wahrzunehmen als beim Cabernet Sauvignon (1,0), jedoch weniger als bei den Weißweinen (>1,8). Auch bei der Fruchtigkeit, wurde der Cabernet Sauvignon mit 3,2 als fruchtig beschrieben wohingegen der Plavac Mail mit 1,9 bei den Probandinnen und Probanden als weniger fruchtig wahrgenommen wurde. Die Süße, welche bei der Vorverkostung vor allem beim Plavac Mali angemerkt wurde, wurde von den Verkostern nicht ausgeprägt wahrgenommen und auch mehr beim Cabernet Sauvignon (2,1) als beim Plavac Mali (1,6). Der Alkoholgehalt trat vorwiegend beim Plavac Mali heraus welcher durchschnittlich mit 3,0 bewertet wurde um Vergleich zum Cabernet Sauvignon mit 2,3.

Des Weiteren wurde auch die Röst-Aromatik und der phenolische Charakter beim Plavac Mali (2,9; 3,8) deutlich stärker wahrgenommen als beim Cabernet Sauvignon (1,9; 3,1).

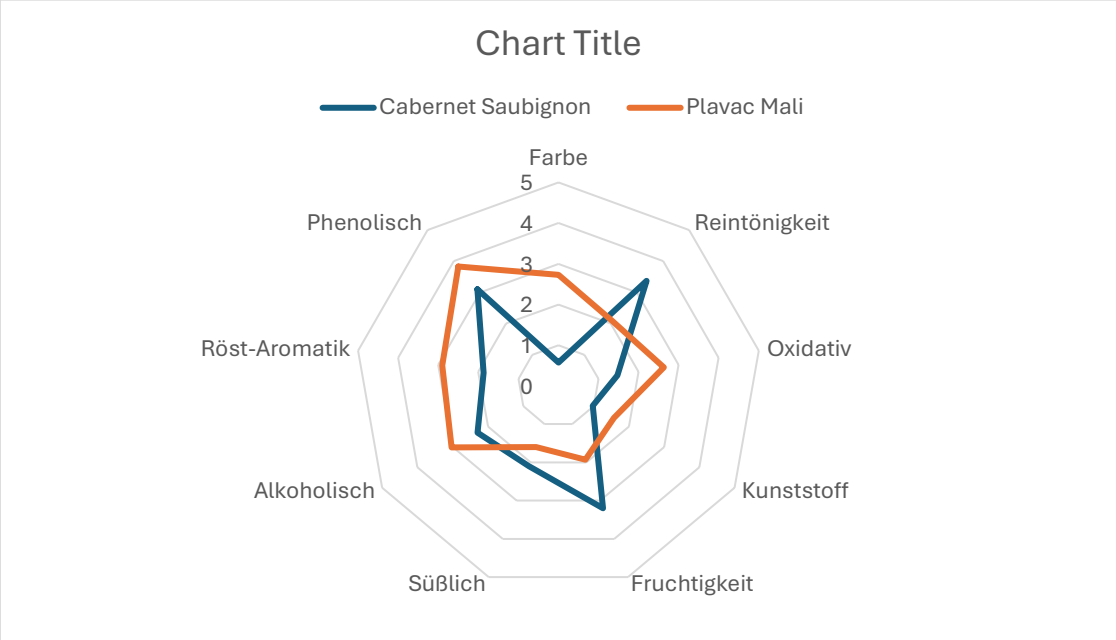

Abbildung 13: Spinnennetzdiagramm mit der Verkostungsbewertung der Attribute der Rotweine (0 = „trifft nicht zu“, 5 = „trifft zu“)

Die Standardabweichungen (Tabelle 17) bei den Rotweinen ähneln denen der Weißweine. Bei der Farbe gibt es beim Cabernet Sauvignon eine durchschnittliche Abweichung von 0,7, beim Plavac Mali von 1,3. Die weiteren Werte sind beim Cabernet Sauvignon alle zwischen 1,0 und 1,5 gestreut. Der Plavac Mali hat eine ähnliche Spanne der Abweichungen, hier sind die Standardabweichungen zwischen 1,2 und 1,6.

Tabelle 17: Standardabweichungen der Verkostungsergebnisse der Rotweine

	Cabernet Sauvignon	**Plavac Mali**
Farbe	0,73	1,31
Reintönigkeit	1,27	1,55
Oxidativ	1,04	1,54
Kunststoff	1,16	1,61
Fruchtigkeit	1,19	1,28
Süßlich	1,32	1,40
Alkoholisch	1,21	1,16
Röst-Aromatik	1,46	1,42
Phenolisch	1,49	1,26

5. Diskussion

Die Versuche zeigten, dass die Konstruktion des Auric Infinity Barrels® in der Handhabung gut funktioniert und die Weine, solange sie in den Fässern lagern und mit Stickstoff oder CO_2 überlagert sind, keine Oxidationsanzeichen aufweisen und sich keine aeroben Bakterien oder Hefen wie z.B. Kahmhefen bildeten (Anhang 4, Abbildung 23). Diese neuartige Fasskonstruktion macht das für normale Barriques typische Nachfüllen im 14-21 Tage Rhythmus überflüssig. Auch die Probenentnahme über den Spundapparat funktioniert, aufgrund des vorherrschenden positiven Innendrucks von 0,3-0,5 bar, hervorragend und kann als hygienisch gute Lösung bezeichnet werden. Neben den oben genannten Eigenschaften, überzeugt das Fass auch mit einer attraktiven Optik, welche die Acrylglasscheibe mit sich bringt. Es bleibt jedoch die Frage, ob die Acrylglasscheibe den Weinherstellungsprozess beeinflusst. Laut Herrn Popa, dem Erfinder der Fässer, sollen die Hefen durch das einfallende Sonnenlicht stimuliert werden und die Gärung konstanter verlaufen. In einer anderen Untersuchung wurden hierzu jedoch gegensprüchliche Ergebnisse ermittelt, sodass *Saccharomyces cerevisiae* unter Licht Glucose während der Gärung sogar verzögert abbaut (Matile und Wyssling-Frey 1962). Weiterführend wurden negative Auswirkungen von Sonnenlicht auf das Geruchs- und Geschmacksbild von Wein durch Jung *et al.* (2007) beschrieben. Grundsätzlich wird der Standort der Fässer über den Lichteinfluss auf den Wein entscheidend sein. Die meisten Weinkellereien zeichnen sich durch dunkle Lichtverhältnisse und keine direkte Sonneneinstrahlung aus, in diesem Fall spielt der Lichteinfluss wahrscheinlich eine untergeordnete Rolle. Werden die Fässer in einem Showroom wie z.B. einer Weinbar gelagert, dürfte der Effekt durch das einfallende Sonnenlicht anders zu bewerten sein. Der Einfluss von Licht auf den Hefemetabolismus und die organoleptischen Eigenschaften des Weines wurde in der vorliegenden Arbeit nicht untersucht und müsste zukünftig separat betrachtet werden. Das Hauptproblem liegt zurzeit bei der Abfüllung, wenn der Wein ohne SO_2 oder andere Additive abgefüllt werden soll, muss auch dieser Schritt unter Sauerstoffausschluss erfolgen. Bis weilen ist dies bei den untersuchten Weinen nur bedingt gelungen. Technisch ist dies zwar aufwendiger, heutzutage jedoch möglich, da es bereits eine Vielzahl an schwefelfreien Weinen auf dem Markt gibt. Es bleibt deshalb zu überprüfen, ob die Infinity Barrels zu verminderten Kosten für die Arbeit und Behandlung führen. Das regelmäßige Auffüllen

der Fässer entfällt zwar und es entsteht kein Flüssigkeitsverlust, aber dafür steigt der Aufwand und die Kosten beim Umlagern der Weine durch den zusätzlichen Stickstoff-/CO_2-Bedarf, sofern man die Weine ohne SO_2 verarbeiten möchte. Dies setzt sich bei der Abfüllung fort. Hier ist eine technisch aufwendigere Abfüllung nötig um die Weine ohne Oxidation in die Flasche zu bekommen. Noch nicht untersucht wurde die Lagerfähigkeit der Weine in der Flasche.

Bei der Auswertung der Daten ist anzumerken, dass eine genauere Dokumentation über den Weinherstellungsprozess und den Reife- sowie Gesundheitsgrad der Trauben für die Vollständigkeit der Ausarbeitung von Vorteil gewesen wäre. So lässt sich nun nur ein etwaiger Reifegrad anhand der Werte zurückerrechnen und vermuten, dass die Trauben gesund gewesen sein müssten. Auch, dass die FTIR-Analysen nur jeden zweiten bis dritten Tag durchgeführt wurden und die Gärung der Weine durch hohe Temperaturen sehr schnell war, hatte zur Folge, dass bei den nächsten Messungen die Weine schon sehr weit in der Gärung vorrangeschritten, waren. Dies hatte zur Folge, dass sich bei einigen Weinen nur ein Teil des Gärverlaufs darstellen lässt. Außerdem wurde die Gärtemperatur nicht erfasst, welches in Anbetracht der Tatsache, dass die Weine im Sonnenlicht und ohne Kühlung vergoren wurden sehr interessant gewesen wäre.

Bei den Werten der FTIR-Analyse ist lediglich der Rotwein der Rebsorte Plavac Mali auffällig, welcher 16,1 %vol Alkohol enthält und einen pH-Wert von 4,7 aufweist (Tabelle 1). Die Tatsache, dass alle Weine eine malolaktische Fermentation vollzogen haben, wodurch die Äpfelsäure abgebaut und in Milchsäure umgewandelt wurde, führte zu einer Erhöhung des pH-Wertes aller Weine (Waterhouse *et al.* 2016). Zusätzlich sorgte der Umstand, dass die maischevergorenen Weine (Maischegärung Malvasia, sowie beide Rotweine) einen sehr langen Maischekontakt hatten, für eine hohe Mineralstoffextraktion (K^+, Ca^{2+}) aus den Beerenschalen. Dies wiederrum führte wahrscheinlich zur Bildung von Kaliumhydrogentartrat und Calciumtartrat und resultierte in einem pH-Wert Anstieg (Hammer 2020). Bei einem pH-Wert von über 3,6 wird in der „konventionellen Weinbearbeitung“ oftmals angesäuert, um den pH-Wert zu senken und den Wein mikrobiell zu stabilisieren. Die Absenkung des pH-Wertes ist in Weinen ohne SO_2-Zusatz eine wichtige Maßnahme, um den Wein vor weinschädlichen Bakterien und Hefen wie z.B. *Brettanomyces bruxxellensis* zu schützen. Auch führte der hohe pH-Wert dazu, dass die Farbe des Plavac Mali eher farbschwach/gräulich erschien (Ribereau-Gayon *et al.*

2006). Auf das Ansäuern wurde hier verzichtet, weil die Weine ohne jegliche Additive hergestellt werden sollten. Zwar ist die Idee den Wein ohne Additive und SO_2 herzustellen in der Theorie spannend und im Hinblick auf die EU-Verordnung 2021/2117 (Europäische Union 2021), welche ab dem Jahrgang 2024 für eine Kennzeichnungspflicht solcher Additive auf den Weinetiketten sorgt, sollte in der Praxis jedoch überdacht werden. Einige Behandlungsmaßnahmen sind deshalb wichtig, um eine gute Weinqualität zu gewährleiten. Allerdings sind sowohl die mostvergorenen Weine als auch die maischevergorenen Malvasia-Varianten und der Cabernet Sauvignon im Normalbereich mit den pH-Werten (Tabelle 1), welcher bei normalen Weinen zwischen 2,9 und 3,6 liegt. Die Werte der flüchtigen Säure lagen bei allen untersuchten Weinen zwischen 0,7 g/l und 1,0 g/l was unter den Grenzwerten von 1,08 g/l für Weißweine und 1,20 g/l für Rotweine liegt. Ribereau-Gayon *et al.* (2006) beschreibt jedoch das ab Werten von 0,7 g/l flüchtige Säure wahrnehmbar ist und ab Werten von 0,9 g/l zu einem sauren, bitteren Nachgeschmack führt. Zudem wurde der FTIR-Analyse auch SO_2 nachgewiesen, obwohl die Weine nicht geschwefelt wurden. Dieses SO_2 ist durch den natürlichen Hefemetabolismus während der Gärung entstanden.

Die ermittelten Phenolgehalte für die Weißweine sind im Vergleich zu normal hergestellten Weißweinen, welche abgebeert und gepresst werden, sehr hoch. In der Literatur wird ein Gesamtphenolgehalt von 60-200 mg/l für konventionell hergestellte Weißweine angegeben (Eder und Wendelin 2002). Nahe an diesen Werten ist lediglich der Welschriesling, welcher mit 234 mg/L leicht über dem Höchstwert liegt. Der Riesling und der Chardonnay sind mit 341 mg/l und 660 mg/l Gesamtphenolgehalt (Abbildung 11) deutlich über dem Normwert. Diese Abweichungen können von Messfehlern herrühren, da bei der Gesamtphenolanalyse nach Folin-Ciocalteu auch Substanzen wie Fructose, Ascorbinsäure, Eisen-(II)-Ionen und schweflige Säure mitbestimmt werden, sollten diese zuvor nicht neutralisiert worden sein. Aber auch durch den langen Transport, eine nicht so schonende Verarbeitung oder den Tanninen aus den Holzfässern zu erklären sein. Die maischevergorenen Malvasia-Varianten erreichten einen Phenolgehalt von 1251 mg/l und 1298 mg/l (Abbildung 11). Diese hohen Werte ergeben sich durch die Maischegärung und decken sich mit Untersuchungen von Prasnikar *et al*. (2014). Die Phenolgehalte der Rotweine geben Eder und Wendelin (2002) mit 300-5000 mg/l an. Diese sehr große Spanne lässt sich durch die Varianz der, in ihren Untersuchungen verwendeten, Sorten

erklären. Die gemessenen Werte der im Infinity-Barrel gelagerten Rotweine, liegen mit 2496 mg/l und 3936 mg/l in der Mitte der Spanne und können als typisch angesehen werden.

Das Abfüllen der Weine unter Sauerstoffausschluss ist im vorliegenden versuch nur bedingt gelungen. Dies führte zu einer hohen Varianz innerhalb einer Füllcharge von den sechs 0,75 l Flaschen, die pro Rebsorte abgefüllt wurden. Ein Teil der abgefüllten Weine wies, bedingt durch den manuellen Füllprozess, oxidative Eigenschaften auf. Anhand der Farbunterschiede, welche die einzelnen Flaschen aufwiesen, lässt sich die Problematik der Abfüllung bestätigen. Die Farbanalyse (Tabelle 3 & 4) zeigte, dass die Farbunterschiede in den Flaschen des Chardonnays und des „Malvasia-Oaks“ erkennbar sind (Anhang 1, Abbildung 14-20). Die Tatsache, dass die Analysemethodik des Lab-Farbraums auf einzelnen Probanden basiert, lässt jedoch nicht ausschließen, dass auch andere Weine einen wahrnehmbaren Farbunterschied besitzen. Auch die Fremdgasanalyse (Tabelle 9-15), zeigte dass diese beiden Sorten eine erhöhte Differenz besaßen, und lässt somit vermuten, dass unterschiedliche Mengen an Sauerstoff während der Abfüllung aufgenommen wurden. Bei der Messung des Air-Indexes wurde zudem neben dem CO_2-Gehalt auch die Temperatur und der Druck in der Flasche gemessen. Auffallend ist, dass die Temperaturdifferenz der untersuchten Flaschen teils sehr hoch ist. Beim Riesling beträgt sie 2 °C bei den Rotweinen fast 6 °C. Zwar werden die ermittelten Werte temperaturkorrigiert angegeben, um allgemeine Messfehler zu vermeiden wären 20 °C als Ausgangstemperatur jedoch besser gewesen. Denn einige physikalische Parameter, wie die CO_2-Löslichkeit nehmen mit steigender Temperatur ab, sodass das CO_2 nicht länger im Wein gebunden ist und sich die Werte dadurch ändern (Blank *et al.* 2012). Weiterhin kann über den vorherrschenden Druck in der Flasche keine Aussage getroffen werden, da die Flaschen sowohl durch einen Korken als auch einen BVS-Verschluss verschlossen wurden. Die Probenentnahmenadel zur Gasbestimmung kann jedoch nur durch einen dünnen BVS-Verschluss durchstechen, nicht durch einen Korken, so dass vor der Messung die Flasche geöffnet, der Korken gezogen und die Flasche wieder verschlossen werden musste, was zu Messfehlern bei der Flascheninnendruckmessung führte. Allgemein sind die Air-Index-Werte deutlich erhöht, vermutlich hat sich durch das Vorspannen, Umlagern und Überlagern der Weine mit N_2 während der Verarbeitung deutlich mehr Stickstoff im Wein gelöst, als es bei spundvoll gelagerten Weinen üblich

ist. Außerdem haben die Weine bei der Abfüllung zusätzlichen Sauerstoff aufgenommen, welches durch das Fehlen von SO_2 als Oxidationsschutz zu erklären ist. Sehr interessant sind die Werte für den CO_2-Gehalt und den Air-Index beim Malvasia Acacia (Tabelle 13). Mit einem CO_2-Gehalt von 2,03 g/l bzw. 2,13 g/l liegt dieser Wein deutlich über dem CO_2-Adsorptionskoeffizienten in Wein von 1,5 g/l (Blank *et al.* 2012). Dies könnte mit dem leichten Überdruck im Barriquefass zu tun haben. Wenn das der Fall wäre, müssten aber, alle untersuchten Weine einen erhöhten CO_2-Gehalt aufweisen. Auch der Air-Index fällt im Vergleich zu den anderen Weinen deutlich aus der Reihe. Er ist mit einem Durchschnitt von 14,3 mg/l erheblich niedriger als der der anderen Weine (Tabelle 9-15). Eine mögliche Erklärung wäre das Fass, welches aus Akazienholz und nicht aus Eiche hergestellt wurde. Zudem könnte auch eine andere Lagerung des Weines (spundvoll) dazu geführt haben, dass weniger Stickstoff und Sauerstoff aufgenommen wurden.

Die Heterogenität der Flaschen machte es schwierig aussagekräftige Ergebnisse, sowohl bei den weinchemischen Laboranalysen wie auch bei der Verkostung, zu erzielen. Vor allem bei der Verkostung können die zum Teil weit auseinanderliegenden Bewertungen der Weine dadurch erklärt werden, dass mehrere Flaschen für die Verkostung benötigt wurden. Anhand der Standardabweichungen der jeweiligen Attribute (Tabelle 16 & 17) ist zu erkennen, dass die Weine in allen Bereichen von den Probandinnen und Probanden sehr unterschiedlich bewertet wurden. Vor allem die Bewertung der Kunststoffnote hat bei den Weißweinen eine Standardabweichung von 1,5-1,9 (Tabelle 16). Durch die hohe Varianz gibt die Verkostung somit zwar eine Tendenz zur Beschreibung der Weine, ist aber nur bedingt aussagekräftig. Interessant wäre es, die Verkostungsergebnisse der einzelnen Flaschen miteinander zu vergleichen. Zum einen könnte man dadurch sehen, ob die Ergebnisse homogener innerhalb einer Flasche sind. Zum anderen könnte man die Flaschen derselben Sorte miteinander vergleichen und Unterschiede herausarbeiten. Auf eine Homogenisierung der Weine vor der Verkostung wurde bewusst verzichtet, um einen Sauerstoffeintrag zu vermeiden. Ein weiterer wichtiger Schritt im Prozess der Qualitätskontrolle wäre es die Weine mit konventionell hergestellten Weinen zu vergleichen. Der Anspruch des Fassherstellers Auric Barrels ist es, Weine zu produzieren, welche die gleiche oder bessere Qualität erreichen, wie Weine, die mit Additiven hergestellt werden. Weiterführend ist bei der Durchführung von Verkostungen sehr viel

Wert darauf zu legen, dass die Probandinnen und Probanden gut geschult werden und die Arbeitsanweisungen richtig verstehen. Bei nahezu allen zu bewerteten Kriterien hat mindestens eine Person das Maximum von 5 mit „trifft zu“ und eine weitere das Minimum von 0 mit „trifft nicht zu“ gewählt. Dies könnte darauf zurückzuführen sein, dass die Teilnehmer der Verkostung vorab nicht ausreichend geschult wurden. Für einen ungeschulten Verkoster kann es schwierig sein die Attribute richtig einzuschätzen. Zwar gab es vor der Verkostung eine gründliche Schulung der Probandinnen und Probanden durch zwei Referenzweine und eine Präsentation, dennoch besteht die Möglichkeit, dass die Aufgaben falsch verstanden wurden. Um etwaige Weinfehler und Probleme wie das Mäuseln bei der Variante „Malvasia Oak“, oder den Kunststoffgeschmack, welcher vermutlich durch die bei der Abfüllung verwendeten Kunststoffteile wie z.B. Schläuche (Abbildung 5), in den Wein übertragen wurde, zu erkennen, war eine beschreibende Analyse als erster Schritt sinnvoll. Durch Abweichungen in den Testergebnissen, eignet sich diese Art der Bewertung jedoch nicht, um einen Vergleich mit normalen Barriquefässern zu machen.

Grundsätzlich war aus Gesprächen mit Teilnehmern der Verkostung, zu entnehmen, dass es einfacher war die Rotweine zu bewerten. Dies könnte zum einen daran liegen, dass die Rotweine mehr Sauerstoff aufnehmen konnten, bevor sich deren oxidativer Charakter entwickelte, und sie somit bei der Verkostung nicht zu stark oxidiert waren. Zum anderen daran, dass es für Rotweine üblicher ist im Holzfass ausgebaut zu werden und somit der Holzeinfluss und dessen Aromatik bei den Verkostern als typisch empfunden wurde. Außerdem ist festzuhalten, dass keine nennenswerten Unterschiede zwischen der Akazien- und der Eichen-Variante bemerkt wurden, lediglich die Apfel-Aromatik wurde bei der Akazienvariante um 0,5 Punkte als weniger zutreffend empfunden (Abbildung 12). Die sehr ähnlichen Verkostungsergebnisse der beiden Weine, spiegeln sich auch in den Laboranalysen wider.

Die von der Firma Auric Barrels erhobenen Werte wurden nur an einem Prototyp-Fass erhoben. Um zu sehen, ob diese Werte allgemeine Gültigkeit besitzen oder es in den Fässern Unterschiede gibt, wäre eine größere Versuchsreihe mit mehreren Fässern nötig. Das Oxidations-Reduktions-Potential ist stark vom pH-Wert des Weines abhängig. Verglichen mit Werten von Ribereau-Gayon *et al.* (2006) lagen die Werte für das Oxidations-Reduktions-Potential im Normalbereich. Vergleicht man Abbildung 2, von

Riberau-Gayon *et al.* (2006), mit Abbildung 9, den Daten aus dem Infinity-Fass, sind die in Abbildung 2 dargestellten einzelnen Phasen der Weinbereitung auch in Abbildung 9 gut zu erkennen. Zu Beginn der alkoholischen Fermentation sankt das ORP und stiegt nach dem Ende der Gärung wieder an. Kurz danach setzte bereits die malolaktische Fermentation ein, wodurch das ORP erneut sankt. Nach Beendigung der malolaktischen Fermentation stiegt es erneut an. Durch die Lagerung auf der Hefe sankt es über den restlichen Zeitraum wieder ab. Der gelöste Sauerstoff war über den gesamten Zeitraum der Messreihe sehr niedrig, was damit zu erklären ist, dass nahezu kein Sauerstoff in das Fass eingedrungen ist und sich im Wein lösen konnte. Dies hatte zur Folge, dass der Wert von 0,1 mg/l unter allen Literaturwerten, wie denen von Del Alamo-Sanza und Nevares (2017) lag.

6. Fazit

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass nun eine umfassende Analyse der Weine vorgenommen wurde, welche einen Grundstock für weitere Untersuchungen an diesen Fässern bietet. Positiv festzuhalten ist, dass die Wirkungsweise der Fässer funktioniert und sie den Überdruck auch über längere Zeit halten, sodass kein Sauerstoff in das Innere der Fässer eindringen kann und es nicht zur Oxidation des Weines oder Vermehrung von aeroben Mikroben kommt. Trotz der Tatsache, dass Naturweine momentan im Trend liegen und man mittels guter Traubenqualität und schonender Verarbeitung Weine kaum behandeln muss, sollte man wichtige Behandlungsmaßnahmen und Arbeitsschritte auch bei diesen Fässern nicht komplett auslassen. Die Tatsache, dass sich die Weine auch ohne Sauerstoffeinfluss verändern und es Mikroorganismen gibt, welche anaerob im Wein leben, macht es nötig die Weine abzuziehen und bei Bedarf zu behandeln, um Weinfehler zu vermeiden. Die Schwierigkeiten bei der Abfüllung und dem damit verbundenen Sauerstoffeintrag, schmälern die Aussagekraft der Analytik und der Sensorik in dieser Arbeit. Zudem sollte, um die Vor- und Nachteile der Fässer klarer zu definieren, ein weiterer, direkter Vergleich zwischen Weinen, welche in normalen Fässern hergestellt wurden und Weinen aus Infinity-Barrels durchgeführt werden. Dabei ist darauf zu achten, dass das Traubenmaterial und die Verarbeitung identisch sind.

7. Zusammenfassung

Der Sauerstoffeintrag in Holzfässern spielt eine wesentliche Rolle bei der Alterung von Weinen. Die Alterung kann entweder durch die Zugabe von Additiven wie SO_2 verzögert werden oder durch den Ausschluss von Sauerstoff wie es bei den Infinity-Barrels der Firma Auric Barrels der Fall ist. Das Oxidations-Reduktions-Potential ist dabei ein Maß für Lagerfähigkeit und Sauerstoffaufnahmekapazität eines Weines. Die Weine wurden mittels FTIR-Analyse untersucht und ihre Phenolgehalte sowie der Fremdgas-Index bestimmt. Zur Charakterisierung der Weine wurde eine beschreibende, bewertende Verkostung genutzt. In den Ergebnissen der Laboranalysen zeigte sich, dass die Weine hohe Fremdgaseinträge besaßen und hohe Phenolgehalte aufwiesen. Ebenfalls zeigte sich, dass die Flaschen innerhalb einer Rebsorte eine hohe Varianz hatten. Die Langzeituntersuchungen der Fassküferei Auric Barrels zeigten jedoch, dass die Infinity-Barrels in der Lage sind den Sauerstoffeintrag zu minimieren und eine Lagerung ohne SO_2 zu ermöglichen. Bei der Verkostung zeigte sich, dass es für ein eindeutigeres Aromaprofil der Weine einer Überarbeitung der Methode bedarf. Sowohl die Laborwerte als auch die Verkostung machen ersichtlich, dass die Abfüllung das momentan größte Problem der Infinity-Barrels ist. Nach heutigem Stand der Technik ist es jedoch möglich SO_2 freie Weine ohne Sauerstoffeintrag abzufüllen und einen hohen Qualitätsstandard zu gewährleisten. Deshalb sollte es bald auch möglich sein, dies bei den Infinity-Barrels umzusetzen.

Literaturverzeichnis

Alañón ME, Pérez-Coello MS, Díaz-Maroto IJ, Martín-Alvarez PJ, Vila-Lameiro P, Díaz-Maroto MC, 2011. Influence of geographical location, site and silvicultural parameters, on volatile composition of Quercus pyrenaica Willd. wood used in wine aging. Forest Ecology and Management, 262 (2), 124–130.

Arfelli G, Sartini E, Corzani C, Fabiani A, Natali N, 2007. Impact of Wooden Barrel Storage on the Volatile Composition and Sensorial Profile of Red Wine. Food Science and Technology International, 13 (4), 293–299.

Auric Barrels, 2023. Abgerufen am 13.07.2024, https://www.auric-infinity.com/; https://www.auric-barrels.com/

Bakker J, Clarke RJ, 2012. Wine flavour chemistry (2nd ed.). Wiley Blackwell, Ames Iowa, xix, 418 ;

Blank A, Schmidt O, Vidal J-C, 2012. Anleitung zum Gasmanagement bei Wein. Winzer geben Vollgas. Das deutsche Weinmagazin, 12, 22–27.

Blankenhorn D, Funk E, 2012. Der Winzer 2: Kellerwirtschaft (4., aktualisierte Aufl.). Ulmer, Stuttgart, 268 S.

Carpena M, Pereira AG, Prieto MA, Simal-Gandara J, 2020. Wine Aging Technology: Fundamental Role of Wood Barrels. Foods (Basel, Switzerland), 9 (9), 1160.

Chatonnet P, Cutzach I, Pons M, Dubourdieu D, 1999. Monitoring Toasting Intensity of Barrels by Chromatographic Analysis of Volatile Compounds from Toasted Oak Wood. Journal of agricultural and food chemistry, 47 (10), 4310–4318.

Del Alamo-Sanza M, Nevares I, 2017. Oak wine barrel as an active vessel: A critical review of past and current knowledge. Critical reviews in food science and nutrition, 58 (16), 2711–2726.

Di Gianvito P, Englezos V, Rantsiou K, Cocolin L, 2022. Bioprotection strategies in winemaking. International Journal of Food Microbiology, 364.

Dimkou E, Ugliano M, Diéval J-B, Vidal S, Jung R, 2013. Impact of Dissolved Oxygen at Bottling on Sulfur Dioxide and Sensory Properties of a Riesling Wine. American Journal of Enology and Viticulture, 64 (3), 325–332.

Eder R, Wendelin S, 2002. Phenolzusammensetzung und antioxidadive Kapazität von trauben und Weinen. Arbeitsgemeinschaft landwirtschaftlicher Versuchsanstalten, 293–296.

Europäische Union, 2021. Verordnung (EU) 2021/2117 des Europäischen parlaments und des Rates. Amtsblatt der Europäischen Union, 435/262.

Hammer S, 2020. Einfluss der Maischegärung auf die Inhaltsstoffe und Eigenschaften von Weißwein. Culiver Verlag, Göttingen.

Jung R, Hey M, Hoffmann D, Leiner T, Patz C-D, Rauhut D, Schüssler C, Wirsching M, 2007. Lichteinfluss bei der Lagerung von Wein. Mitteilungen Klosterneuburg, 58, 224–231.

Martínez-Gil A, Del Alamo-Sanza M, Sánchez-Gómez R, Nevares I, 2018. Different Woods in Cooperage for Oenology: A Review. Beverages, 4 (4), 1–25.

Matile P, Wyssling-Frey A, 1962. Atmung und Wachstum von Hefen im Licht. Planta An international Journal of Plant Biology, 154–163.

Morata A, Loira I, González C, Escott C, 2021. Non-Saccharomyces as Biotools to Control the Production of Off-Flavors in Wines. Molecules, 26 (15), 1–12.

Moreno-Arribas V, Polo C, 2009. Wine Chemistry and Biochemistry. Springer Verlag, Berlin.

Nevares I, Del Alamo M, Cárcel LM, Crespo R, Martin C, Gallego L, 2009. Measure the Dissolved Oxygen Consumed by Red Wines in Aging Tanks. Food and Bioprocess Technology, 2 (3), 328–336.

OIV, 2021. SO2 and Wine: A Review. OIV Journal.

Oliveira CM, Ferreira ACS, Freitas V de, Silva AM, 2011. Oxidation mechanisms occurring in wines. Food Research International, 44 (5), 1115–1126.

Prasnikar N, Hann S, Eder R, 2014. Orange-Weine-Erfassung der chemisch-physikalischen Zusammensetzung. Deutsche Lebensmittel-Rundschau, 110, 383–390.

Qiu Y, Lacampagne S, Mirabel M, Mietton-Peuchot M, Ghidossi R, 2017. Oxygen desorption and oxygen transfer through oak staves and oak stave gaps: an innovative permeameter. OENO One, 51 (4), 1–14.

Reynolds AG, 2010. Managing wine quality. Volume 2: Oenology and wine quality. CRC Press; WP Woodhead Publ, Boca Raton, Fla., Oxford, 606 S.

Ribereau-Gayon P, Glories Y, Maujean A, Dubourdieu D, 2006. Handbook of Enology Volume 2. The Chemistry of Wine : Stabilization and Treatments (2. Aufl.). John Wiley & Sons, Ltd, Chichester, West Sussex, 451 S.

Roussey C, Colin J, Du Teissier Cros R, Casalinho J, Perré P, 2021. In-situ monitoring of wine volume, barrel mass, ullage pressure and dissolved oxygen for a better understanding of wine-barrel-cellar interactions. Journal of Food Engineering, 291, 110–133.

Schmidt O, 2009. Dem Weinstein auf den Fersen. Checkstab-automatisiertes messen der Weinstein (In)-Stabilität. Das deutsche Weinmagazin, 25/26, 26–29.

Silva FVM, van Wyk S, 2021. Emerging Non-Thermal Technologies as Alternative to SO2 for the Production of Wine. Foods, 10 (9), 1–18.

Tomlinson JW, Kilmartin PA, 1997. Measurement of the redox potential of wine. Journal of Applied Electrochemistry, 27, 1125–1134.

Waterhouse AL, Laurie VF, 2006. Oxidation of Wine Phenolic: Acritical Evaluation and Hypotheses. American Journal of Enology and Viticulture, 53, 306–313.

Waterhouse AL, Sacks GL, Jeffery DW, 2016. Understanding wine chemistry. Wiley, Chichester, West Sussex, 443 S.

https://de.wikipedia.org/wiki/Delta_E zuletzt eingesehen am 05.07.2024

Anhang

Anhang 1: Vergleichsfotografie der einzelnen Flaschen und Sorten

Abbildung 14: Foto der abgefüllten Riesling-Flaschen

Abbildung 15: Foto der abgefüllten Welschriesling-Flaschen

Abbildung 16: Foto der abgefüllten Chardonnay-Flaschen

Abbildung 17: Foto der abgefüllten Malvasia Oak-Flasche

Abbildung 18: Foto der abgefüllten Malvasia Acacia-Flaschen

Abbildung 19: Foto der abgefüllten Cabernet Sauvignon-Flaschen

Abbildung 20: Foto der abgefüllten Plavac Mali-Flaschen

Anhang 2: Notizen der Vorverkostung von Pasch und Böhm

Tabelle 18: Notizen der Vorverkostung von Pasch & Böhm

Riesling	Kunststoff-Note Quitte, Honig Oxidativ Alkoholisch Esterton leicht bräunlicher Ton Röst-/Holzaromatik Phenolisch Herb Ansatz von Mäuseln
Welschriesling	Kunststoff-Note Überreife/ Quitte, Honig Weniger oxidativ als Riesling Röst-/Holzaromatik vollmundig hellster Wein von allen Leicht gerbig
Chardonnay	Kunststoff-Note BSA Zuckerwatte Cremig/buttrig Reduzierte Röst-/Holzaromatik Farbe: Pinking
Malvasia Oak	Aromatisch Alkoholisch phenolisch Sherry-Aroma Gerbstoffbetont Ausgeprägter Weinfehler: Mäuseln
Malvasia Acacia	Metallisch, fahl dünn Leicht alkoholisch/ sprittig leichte Zitrusnote

	Sehr reif/ Honigaromatik Oxidativ Im Mund: Apfel-Aromatik Gerbstoffbetont/herb
Cabernet Sauvignon	Farbe: rubinrot/ rot-violett Fruchtig: Kirsche/ Cassis Grüne Noten Reduktiv Unreif Junger Rotwein Retronasal: leichte Kunststoffnote Keine Bitterkeit
Plavac Mali	Farbe: bräunlich/ gräulich Verhaltene Aromatik Fahle Note/ oxidativ Pflaume, Marmelade Kaffee, Schokolade, süßlich Starke Toastaromen vom Holz Geräucherter Schinken Alkoholisch Sehr gerbstoffbetont Nicht reintönig

Anhang 3: Verkostungsbewertungsbögen der Weißweine und Rotweine

F.C. 0004 O.N. 0001 PAGE 001/004

Hochschule Geisenheim - *University*
Institut für Oenologie

Profilprüfung

Bitte bewerten Sie die Ausprägung des vorgegebenen Attributes auf der Skala.

Probenreihenfolge **029 796 563 440 207**

029

Farbe	☐	☐	☐	☐	☐	☐
	hellgelb				bräunlich	
Reintönig	☐	☐	☐	☐	☐	☐
	trifft nicht zu				trifft zu	
Oxidativ	☐	☐	☐	☐	☐	☐
	trifft nicht zu				trifft zu	
Kunststoff	☐	☐	☐	☐	☐	☐
	trifft nicht zu				trifft zu	
Fruchtig	☐	☐	☐	☐	☐	☐
	trifft nicht zu				trifft zu	
Reife-Aromatik	☐	☐	☐	☐	☐	☐
	trifft nicht zu				trifft zu	
Apfel	☐	☐	☐	☐	☐	☐
	trifft nicht zu				trifft zu	
Röst-Aromatik	☐	☐	☐	☐	☐	☐
	trifft nicht zu				trifft zu	
Phenolisch	☐	☐	☐	☐	☐	☐
	trifft nicht zu				trifft zu	

796

Farbe	☐	☐	☐	☐	☐	☐
	hellgelb				bräunlich	
Reintönig	☐	☐	☐	☐	☐	☐
	trifft nicht zu				trifft zu	
Oxidativ	☐	☐	☐	☐	☐	☐
	trifft nicht zu				trifft zu	
Kunststoff	☐	☐	☐	☐	☐	☐
	trifft nicht zu				trifft zu	
Fruchtig	☐	☐	☐	☐	☐	☐
	trifft nicht zu				trifft zu	
Reife-Aromatik	☐	☐	☐	☐	☐	☐
	trifft nicht zu				trifft zu	
Apfel	☐	☐	☐	☐	☐	☐
	trifft nicht zu				trifft zu	
Röst-Aromatik	☐	☐	☐	☐	☐	☐
	trifft nicht zu				trifft zu	
Phenolisch	☐	☐	☐	☐	☐	☐
	trifft nicht zu				trifft zu	

Abbildung 21: Verkostungsbogen für die Weißweine

F.C. 0004 O.N. 0001 PAGE 004 / 004

Hochschule Geisenheim - *University*
Institut für Oenologie

Profilprüfung

Bitte bewerten Sie die Ausprägung des vorgegebenen Attributes auf der Skala.

Probenreihenfolge **865** **276**

865							276						
Farbe	☐	☐	☐	☐	☐	☐	Farbe	☐	☐	☐	☐	☐	☐
	rubinrot				bräunlich			rubinrot				bräunlich	
Reintönig	☐	☐	☐	☐	☐	☐	Reintönig	☐	☐	☐	☐	☐	☐
	trifft nicht zu				trifft zu			trifft nicht zu				trifft zu	
Oxidativ	☐	☐	☐	☐	☐	☐	Oxidativ	☐	☐	☐	☐	☐	☐
	trifft nicht zu				trifft zu			trifft nicht zu				trifft zu	
Kunststoff	☐	☐	☐	☐	☐	☐	Kunststoff	☐	☐	☐	☐	☐	☐
	trifft nicht zu				trifft zu			trifft nicht zu				trifft zu	
Fruchtig	☐	☐	☐	☐	☐	☐	Fruchtig	☐	☐	☐	☐	☐	☐
	trifft nicht zu				trifft zu			trifft nicht zu				trifft zu	
Süßlich	☐	☐	☐	☐	☐	☐	Süßlich	☐	☐	☐	☐	☐	☐
	trifft nicht zu				trifft zu			trifft nicht zu				trifft zu	
Alkoholisch	☐	☐	☐	☐	☐	☐	Alkoholisch	☐	☐	☐	☐	☐	☐
	trifft nicht zu				trifft zu			trifft nicht zu				trifft zu	
Röst-Aromatik	☐	☐	☐	☐	☐	☐	Röst-Aromatik	☐	☐	☐	☐	☐	☐
	trifft nicht zu				trifft zu			trifft nicht zu				trifft zu	
Phenolisch	☐	☐	☐	☐	☐	☐	Phenolisch	☐	☐	☐	☐	☐	☐
	trifft nicht zu				trifft zu			trifft nicht zu				trifft zu	

Abbildung 22: Verkostungsbogen für die Rotweine

Anhang 4: Foto durch die Acrylglasscheibe des Infinity-Barrels

Abbildung 23: Blick ins Innere eines halbvollen Infinity-Barrels

Anhang 5: Foss-Analysen der Weine

Product	Barrel no.	Lit.	Variety	Sample ID	Date	Alcohol	Glucose/Fructose	pH	Total Acid	Tartaric Acid	Malic Acid	Volatile Acid
Must under fermentation	64	223 l	Riesling	no64 rr	30.09.2023	1,22 %vol	221,71 g/l	2,86	8,44 g/l	8,12 g/l	1,01 g/l	0,52 g/l
Must under fermentation	64	224 l	Riesling	no64 rr	02.10.2023	3,20 %vol	180,57 g/l	2,85	8,51 g/l	8,10 g/l	0,97 g/l	0,53 g/l
Must under fermentation	64	225 l	Riesling	no64 rr	04.10.2023	7,80 %vol	110,01 g/l	2,85	8,59 g/l	8,08 g/l	0,98 g/l	0,53 g/l
Must under fermentation	64	225 l	Riesling	no64 rr	06.10.2023	9,80 %vol	74,27 g/l	2,87	8,11 g/l	7,55 g/l	1,04 g/l	0,51 g/l
Must under fermentation	64	225 l	Riesling	no64 rr	09.10.2023	11,82 %vol	44,36 g/l	2,88	8,44 g/l	7,95 g/l	1,14 g/l	0,50 g/l
Must under fermentation	64	225 l	Riesling	no64 rr	11.10.2023	12,72 %vol	28,23 g/l	2,90	8,25 g/l	7,74 g/l	1,18 g/l	0,51 g/l
Must under fermentation	64	225 l	Riesling	no64 rr	13.10.2023	13,53 %vol	18,01 g/l	2,92	8,26 g/l	7,77 g/l	1,13 g/l	0,50 g/l
Must under fermentation	64	225 l	Riesling	no64 rr	19.10.2023	14,21 %vol	6,20 g/l	2,94	8,08 g/l	7,60 g/l	1,10 g/l	0,50 g/l
Must under fermentation	64	225 l	Riesling	no64 rr	23.10.2023	14,44 %vol	3,44 g/l	2,96	8,04 g/l	7,57 g/l	1,01 g/l	0,52 g/l
Must under fermentation	64	225 l	Riesling	no64 rr	25.10.2023	14,50 %vol	2,85 g/l	2,97	8,10 g/l	7,64 g/l	1,04 g/l	0,51 g/l
Must under fermentation	64	225 l	Riesling	no64 rr	26.10.2023	14,54 %vol	2,85 g/l	2,97	8,03 g/l	7,57 g/l	0,98 g/l	0,50 g/l
Must under fermentation	64	225 l	Riesling	no64 rr	27.10.2023	14,56 %vol	2,85 g/l	2,97	8,06 g/l	7,58 g/l	0,97 g/l	0,50 g/l
Must under fermentation	64	225 l	Riesling	no64 rr	30.10.2023	14,57 %vol	2,15 g/l	2,96	7,97 g/l	7,46 g/l	0,84 g/l	0,50 g/l
Finished wine	64	225 l	Riesling	no64 rr	29.02.2024	14,77 %vol	1,34 g/l	3,07		7,03 g/l	0,39 g/l	0,68 g/l

Product	Barrel no.	Lit.	Variety	Sample ID	Date	Alcohol	Glucose/Fructose	pH	Total Acid	Tartaric Acid	Malic Acid	Volatile Acid
Must under fermentation	51	225 l	Chardonnay	no51 ch	15.09.2023	9,65 %vol	53,07 g/l	3,10	8,59 g/l	8,03 g/l	2,23 g/l	0,29 g/l
Must under fermentation	51	225 l	Chardonnay	no51 ch	16.09.2023	10,47 %vol	33,99 g/l	3,48	6,65 g/l	6,29 g/l	0,97 g/l	0,34 g/l
Must under fermentation	51	225 l	Chardonnay	no51 ch	17.09.2023	10,45 %vol	37,29 g/l	3,39	6,90 g/l	6,52 g/l	1,33 g/l	0,33 g/l
Must under fermentation	51	225 l	Chardonnay	no51 ch	18.09.2023	10,63 %vol	36,61 g/l	3,36	6,82 g/l	6,43 g/l	1,34 g/l	0,34 g/l
Must under fermentation	51	225 l	Chardonnay	no51 ch	19.09.2023	10,64 %vol	35,15 g/l	3,37	6,75 g/l	6,37 g/l	1,20 g/l	0,34 g/l
Must under fermentation	51	225 l	Chardonnay	no51 ch	20.09.2023	10,71 %vol	34,64 g/l	3,37	6,63 g/l	6,25 g/l	1,21 g/l	0,33 g/l
Must under fermentation	51	225 l	Chardonnay	no51 ch	21.09.2023	10,73 %vol	33,04 g/l	3,37	6,43 g/l	6,05 g/l	1,01 g/l	0,34 g/l
Must under fermentation	51	225 l	Chardonnay	no51 ch	22.09.2023	11,11 %vol	28,57 g/l	3,36	6,36 g/l	6,02 g/l	0,72 g/l	0,34 g/l
Must under fermentation	51	225 l	Chardonnay	no51 ch	23.09.2023	11,17 %vol	26,81 g/l	3,37	6,12 g/l	5,77 g/l	0,55 g/l	0,36 g/l
Must under fermentation	51	225 l	Chardonnay	no51 ch	26.09.2023	11,65 %vol	19,82 g/l	3,35	5,88 g/l	5,57 g/l	0,06 g/l	0,42 g/l
Must under fermentation	51	225 l	Chardonnay	no51 ch	27.09.2023	11,81 %vol	16,70 g/l	3,36	5,80 g/l	5,51 g/l	0,15 g/l	0,43 g/l
Must under fermentation	51	225 l	Chardonnay	no51 ch	29.09.2023	12,20 %vol	11,64 g/l	3,34	5,71 g/l	5,36 g/l	0,26 g/l	0,49 g/l
Must under fermentation	51	225 l	Chardonnay	no51 ch	30.09.2023	12,20 %vol	9,32 g/l	3,34	5,80 g/l	5,46 g/l	0,32 g/l	0,53 g/l
Must under fermentation	51	225 l	Chardonnay	no51 ch	02.10.2023	12,56 %vol	6,61 g/l	3,34	5,77 g/l	5,43 g/l	0,26 g/l	0,56 g/l
Must under fermentation	51	225 l	Chardonnay	no51 ch	04.10.2023	12,67 %vol	5,22 g/l	3,35	5,86 g/l	5,51 g/l	0,28 g/l	0,62 g/l
Must under fermentation	51	225 l	Chardonnay	no51 ch	06.10.2023	12,59 %vol	4,38 g/l	3,34	6,25 g/l	5,92 g/l	0,58 g/l	0,68 g/l
Must under fermentation	51	225 l	Chardonnay	no51 ch	09-10-2023	12,74 %vol	4,99 g/l	3,60	6,03 g/l	5,73 g/l	0,28 g/l	0,80 g/l
Must under fermentation	51	225 l	Chardonnay	no51 ch	11.10.2023	12,84 %vol	4,40 g/l	3,60	5,90 g/l	5,93 g/l	0,00 g/l	0,81 g/l
Must under fermentation	51	225 l	Chardonnay	no51 ch	13.10.2023	12,83 %vol	4,10 g/l	3,61	5,94 g/l	5,98 g/l	0,00 g/l	0,84 g/l
Must under fermentation	51	225 l	Chardonnay	no51 ch	17.10.2023	12,89 %vol	2,52 g/l	3,35	5,89 g/l	5,55 g/l	0,35 g/l	0,70 g/l
Must under fermentation	51	225 l	Chardonnay	no51 ch	19.10.2023	12,67 %vol	2,81 g/l	3,34	6,04 g/l	5,68 g/l	0,26 g/l	0,72 g/l
Finished wine	51	225 l	Chardonnay	no51 ch	28.02.2024	13,07 %vol	2,69 g/l	3,54		5,61 g/l	0,00 g/l	0,88 g/l
Finished wine	51	225 l	Chardonnay	no51 ch	25.03.2024	13,02 %vol	2,40 g/l	3,53		5,28 g/l	0,04 g/l	0,81 g/l

Abbildung 24: FTIR-Analysen des Rieslings und des Chardonnays (Auric Barrels 2023)

Product	Barrel no.	Lit.	Variety	Sample ID	Date	Alcohol	Glucose/Fructose	pH	Total Acid	Tartaric Acid	Malic Acid	Volatile Acid
Must under fermentation	41	225 l Hrast	Malvasia	no41 ma	30.09.2023	0,10 %vol	208,62 g/l	3,42	4,95 g/l	4,59 g/l	1,07 g/l	0,25 g/l
Must under fermentation	41	225 l	Malvasia	no41 ma	02.10.2023	1,54 %vol	179,87 g/l	3,33	5,02 g/l	4,61 g/l	0,32 g/l	0,28 g/l
Must under fermentation	41	225 l	Malvasia	no41 ma	04.10.2023	5,47 %vol	117,28 g/l	3,28	5,96 g/l	5,64 g/l	0,49 g/l	0,36 g/l
Must under fermentation	41	225 l	Malvasia	no41 ma	06.10.2023	7,68 %vol	82,96 g/l	3,26	6,24 g/l	5,93 g/l	0,72 g/l	0,35 g/l
Must under fermentation	41	225 l	Malvasia	no41 ma	09.10.2023	9,71 %vol	48,88 g/l	3,26	6,12 g/l	5,83 g/l	0,95 g/l	0,32 g/l
Must under fermentation	41	225 l	Malvasia	no41 ma	11.10.2023	10,75 %vol	33,83 g/l	3,26	6,04 g/l	5,78 g/l	1,02 g/l	0,29 g/l
Must under fermentation	41	225 l	Malvasia	no41 ma	13.10.2023	11,28 %vol	22,90 g/l	3,27	6,04 g/l	5,77 g/l	1,06 g/l	0,28 g/l
Must under fermentation	41	225 l	Malvasia	no41 ma	17.10.2023	12,21 %vol	9,53 g/l	3,30	5,75 g/l	5,52 g/l	0,86 g/l	0,27 g/l
Must under fermentation	41	225 l	Malvasia	no41 ma	19.10.2023	12,33 %vol	6,05 g/l	3,30	5,62 g/l	5,40 g/l	0,63 g/l	0,28 g/l
Must under fermentation	41	225 l	Malvasia	no41 ma	23.10.2023	12,59 %vol	3,05 g/l	3,32	5,35 g/l	5,17 g/l	0,09 g/l	0,34 g/l
Must under fermentation	41	225 l	Malvasia	no41 ma	25.10.2023	12,39 %vol	2,76 g/l	3,32	5,34 g/l	5,15 g/l	0,03 g/l	0,38 g/l
Must under fermentation	41	225 l	Malvasia	no41 ma	26.10.2023	12,42 %vol	2,70 g/l	3,32	5,38 g/l	5,17 g/l	0,20 g/l	0,39 g/l
Must under fermentation	41	225 l	Malvasia	no41 ma	27.10.2023	12,45 %vol	2,51 g/l	3,32	5,48 g/l	5,27 g/l	0,16 g/l	0,41 g/l
Must under fermentation	41	225 l	Malvasia	no41 ma	30.10.2023	12,66 %vol	2,23 g/l	3,32	5,37 g/l	5,13 g/l	0,24 g/l	0,47 g/l
Finished wine	41	225 l	Malvasia	no41 ma	28.02.2024	12,43 %vol	1,42 g/l	3,54		5,62 g/l	0,14 g/l	0,79 g/l
Product	Barrel no.	Lit.	Variety	Sample ID	Date	Alcohol	Glucose/Fructose	pH	Total Acid	Tartaric Acid	Malic Acid	Volatile Acid
Must under fermentation	67	225 l Bagrem	Malvasia	no67 ma	30.09.2023	0,16 %vol	212,01 g/l	3,39	5,06 g/l	4,70 g/l	1,01 g/l	0,29 g/l
Must under fermentation	67	225 l	Malvasia	no67 ma	02.10.2023	1,21 %vol	189,86 g/l	3,32	4,79 g/l	4,40 g/l	0,05 g/l	0,30 g/l
Must under fermentation	67	225 l	Malvasia	no67 ma	04.10.2023	4,07 %vol	142,53 g/l	3,29	5,51 g/l	5,15 g/l	0,22 g/l	0,37 g/l
Must under fermentation	67	225 l	Malvasia	no67 ma	06.10.2023	5,87 %vol	112,27 g/l	3,28	5,83 g/l	5,50 g/l	0,38 g/l	0,38 g/l
Must under fermentation	67	225 l	Malvasia	no67 ma	09.10.2023	8,37 %vol	72,96 g/l	3,26	5,81 g/l	5,52 g/l	0,65 g/l	0,35 g/l
Must under fermentation	67	225 l	Malvasia	no67 ma	11.10.2023	9,40 %vol	55,38 g/l	3,27	5,69 g/l	5,40 g/l	0,71 g/l	0,33 g/l
Must under fermentation	67	225 l	Malvasia	no67 ma	13.10.2023	10,23 %vol	40,82 g/l	3,27	5,73 g/l	5,47 g/l	0,75 g/l	0,32 g/l
Must under fermentation	67	225 l	Malvasia	no67 ma	17.10.2023	11,78 %vol	18,21 g/l	3,30	5,49 g/l	5,26 g/l	0,61 g/l	0,28 g/l
Must under fermentation	67	225 l	Malvasia	no67 ma	19.10.2023	12,14 %vol	10,43 g/l	3,31	5,43 g/l	5,23 g/l	0,48 g/l	0,29 g/l
Must under fermentation	67	225 l	Malvasia	no67 ma	23.10.2023	12,57 %vol	3,94 g/l	3,32	5,25 g/l	5,06 g/l	0,03 g/l	0,34 g/l
Must under fermentation	67	225 l	Malvasia	no67 ma	25.10.2023	12,50 %vol	3,24 g/l	3,33	5,30 g/l	5,11 g/l	0,03 g/l	0,38 g/l
Must under fermentation	67	225 l	Malvasia	no67 ma	26.10.2023	12,59 %vol	3,08 g/l	3,33	5,28 g/l	5,10 g/l	0,17 g/l	0,39 g/l
Must under fermentation	67	225 l	Malvasia	no67 ma	27.10.2023	12,65 %vol	2,68 g/l	3,33	5,36 g/l	5,16 g/l	0,23 g/l	0,43 g/l
Must under fermentation	67	225 l	Malvasia	no67 ma	30.10.2023	12,79 %vol	2,43 g/l	3,33	5,26 g/l	5,03 g/l	0,22 g/l	0,46 g/l
Finished wine	67	225 l	Malvasia	no67 ma	28.02.2024	12,42 %vol	1,64 g/l	3,52		5,28 g/l	0,09 g/l	0,71 g/l

Abbildung 25: FTIR-Analyse des Malvasia Oak und des Malvasia Acacia (Auric Barrels 2023)

Product	Barrel no.	Lit.	Variety	Sample ID	Date	Alcohol	Glucose/Fructose	pH	Total Acid	Tartaric Acid	Malic Acid	Volatile Acid
Must under fermentation	66	225 l	Cabernet Sauvig	no66 cab sauv	06.10.2023	0,80 %vol	207,37 g/l	3,48	5,70 g/l	5,12 g/l	1,28 g/l	0,42 g/l
Must under fermentation	66	225 l	Cabernet Sauvig	no66 cab sauv	09.10.2023	10,44 %vol	41,46 g/l	3,40	7,28 g/l	6,87 g/l	0,96 g/l	0,30 g/l
Must under fermentation	66	225 l	Cabernet Sauvig	no66 cab sauv	11.10.2023	11,53 %vol	17,58 g/l	3,45	6,68 g/l	6,29 g/l	0,60 g/l	0,30 g/l
Must under fermentation	66	225 l	Cabernet Sauvig	no66 cab sauv	13.10.2023	12,24 %vol	8,51 g/l	3,47	6,19 g/l	5,84 g/l	0,20 g/l	0,31 g/l
Must under fermentation	66	225 l	Cabernet Sauvig	no66 cab sauv	17.10.2023	12,92 %vol	1,93 g/l	3,49	5,78 g/l	5,47 g/l	0,30 g/l	0,36 g/l
Must under fermentation	66	225 l	Cabernet Sauvig	no66 cab sauv	19.10.2023	12,95 %vol	0,92 g/l	3,48	5,82 g/l	5,51 g/l	0,32 g/l	0,45 g/l
Must under fermentation	66	225 l	Cabernet Sauvig	no66 cab sauv	06.11.2023	13,00 %vol	0,52 g/l	3,52	5,56 g/l	5,24 g/l	0,25 g/l	0,60 g/l
Finished wine	66	225 l	Cabernet Sauvig	no66 cab sauv	29.02.2024	13,23 %vol	0,46 g/l	3,63		5,38 g/l	0,00 g/l	0,84 g/l
Finished wine	66	225 l	Cabernet Sauvig	no66 cab sauv	01.03.2024	13,13 %vol	0,40 g/l	3,62		5,24 g/l	0,00 g/l	0,84 g/l

Product	Barrel no.	Lit.	Variety	Sample ID	Date	Alcohol	Glucose/Fructose	pH	Total Acid	Tartaric Acid	Malic Acid	Volatile Acid
Must under fermentation	48	225 l	Plavac Mali	no48 plavac	26.09.2023	11,07 %vol	73,35 g/l	4,11	5,50 g/l	5,26 g/l	1,99 g/l	0,65 g/l
Must under fermentation	48	225 l	Plavac Mali	no48 plavac	27.09.2023	11,69 %vol	63,34 g/l	4,12	5,45 g/l	5,23 g/l	1,98 g/l	0,66 g/l
Must under fermentation	48	225 l	Plavac Mali	no48 plavac	29.09.2023	12,68 %vol	51,01 g/l	4,12	5,53 g/l	5,31 g/l	1,96 g/l	0,67 g/l
Must under fermentation	48	225 l	Plavac Mali	no48 plavac	30.09.2023	13,08 %vol	44,58 g/l	4,13	5,42 g/l	5,21 g/l	2,03 g/l	0,67 g/l
Must under fermentation	48	225 l	Plavac Mali	no48 plavac	02.10.2023	13,73 %vol	35,10 g/l	4,16	5,45 g/l	5,25 g/l	2,06 g/l	0,67 g/l
Must under fermentation	48	225 l	Plavac Mali	no48 plavac	04.10.2023	14,18 %vol	27,52 g/l	4,19	5,38 g/l	5,20 g/l	2,20 g/l	0,66 g/l
Must under fermentation	48	225 l	Plavac Mali	no48 plavac	06.10.2023	14,69 %vol	20,89 g/l	4,17	5,20 g/l	5,02 g/l	2,06 g/l	0,66 g/l
Must under fermentation	48	225 l	Plavac Mali	no48 plavac	09.10.2023	15,02 %vol	14,08 g/l	4,20	5,23 g/l	5,05 g/l	2,16 g/l	0,67 g/l
Must under fermentation	48	225 l	Plavac Mali	no48 plavac	11.10.2023	15,24 %vol	10,23 g/l	4,21	5,04 g/l	4,87 g/l	2,03 g/l	0,67 g/l
Must under fermentation	48	225 l	Plavac Mali	no48 plavac	13.10.2023	15,44 %vol	7,48 g/l	4,22	5,12 g/l	4,96 g/l	1,99 g/l	0,67 g/l
Must under fermentation	48	225 l	Plavac Mali	no48 plavac	17.10.2023	16,01 %vol	3,42 g/l	4,24	5,04 g/l	4,92 g/l	1,93 g/l	0,69 g/l
Must under fermentation	48	225 l	Plavac Mali	no48 plavac	19.10.2023	16,00 %vol	3,03 g/l	4,23	5,02 g/l	4,87 g/l	1,95 g/l	0,69 g/l
Must under fermentation	48	225 l	Plavac Mali	no48 plavac	23.10.2023	16,05 %vol	0,91 g/l	4,24	5,19 g/l	5,06 g/l	1,79 g/l	0,70 g/l
Finished wine	48	225 l	Plavac Mali	no48 plavac	13.12.2023	16,06 %vol	0,00 g/l	4,55		5,09 g/l	1,31 g/l	0,73 g/l

Abbildung 26: FTIR-Analyse des Cabernet Sauvignon und Plavac Mali (Auric Barrels 2023)