



Georg Binder

Rekonditionierung gebrauchter Barriquefässer

ATW

ATW – Ausschuss für Technik im Weinbau

Deutscher Weinbauverband · Deutsche Landwirtschafts-
Gesellschaft · Kuratorium für Technik und Bauwesen in der
Landwirtschaft

Rekonditionierung gebrauchter Barriquefässer –

Analytische, sensorische und mikrobiologische
Untersuchung

Dr. Georg Binder

Abschlussbericht zum ATW-Vorhaben 148

Durchführung

DLR Rheinpfalz
georg.binder@rlp.dlr.de
Fachgebiet Kellerwirtschaft
Breitenweg 71 · D-67345 Neustadt/W

Förderjahre: 2005 bis 2007

Förderländer: Bayern, Hessen, Rheinland-Pfalz

Eine ATW-Berater-Information

ATW-Vorstand

Vorsitzender

Peter Jost ` Hahnenhof
Oberstraße ` D-55422 Bacharach
Tel.: +49 (0) 6743/1216 ` Fax: +49 (0) 6743/1076
eMail: tonijost@debitel.net

2. und Geschäftsführender Vorsitzender

Prof. Dr. Hans-Peter Schwarz
Forschungsanstalt Geisenheim ` Fachgebiet Technik
Brentanostraße 9 ` D-65366 Geisenheim
Tel.: +49 (0) 6722/502-365 ` Fax: +49 (0) 6722/502-360
eMail: hans-peter.schwarz@fa-gm.de

Dr. Jürgen Dietrich

Staatsweingut Meersburg ` D-88701 Meersburg
Tel.: +49 (0) 7532/4467-10 ` Fax: +49 (0) 7532/4467-17
eMail: JD@Staatsweingut-Meersburg.de

ATW-Beirat

Obmann

MinR Hermann Fischer
Minist. für Wirtschaft, Verkehr, Landwirtschaft und Weinbau
PF 3269 ` Bauhofstraße 4 ` D-55116 Mainz
Tel.: +49 (0) 6131/16-5252 ` Fax: +49 (0) 6131/16-175252
eMail: Hermann.Fischer@mwwlw.rlp.de

Geschäftsführer

Christian Reinhold
KTBL ` Bartningstraße 49 ` D-64289 Darmstadt
Tel.: +49 (0) 6151/7001-151 ` Fax: +49 (0) 6151/7001-123
eMail: c.reinhold@ktbl.de

© 2009 by Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL)
Bartningstraße 49 ` D-64289 Darmstadt,
Tel.: +49 (0) 6151/7001-0 ` Fax: +49 (0) 6151/7001-123 ` Internet: www.ktbl.de

Herausgegeben mit Förderung des Bundesministers für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV) sowie des Deutschen Weinbauverbandes (DWV). Nachdruck, auszugsweise Wiedergabe, Vervielfältigung, Übernahme auf Datenträger und Übersetzung nur mit Genehmigung des ATW.

Redaktion

Christian Reinhold ` KTBL
Titelbild: Barriquefässer in der Aufbereitung
Printed in Germany.

Inhaltsverzeichnis:

Tabellenverzeichnis	II
Abbildungsverzeichnis	III
Abkürzungsverzeichnis	IV
1 Einleitung und Problemstellung	- 1 -
2 Grundlagen und Allgemeines	- 2 -
2.1 Barrique, was ist das eigentlich?	- 2 -
2.2 Rekonditionierung durch Aushobeln und Neutoastung.....	- 3 -
2.3 Rekonditionierung Verfahren „Thonhauser“	- 5 -
2.4 Rekonditionierung durch manuelles Aushobeln ohne Toasten.....	- 6 -
2.5 Grundlagen der Mikrobiologie	- 6 -
2.5.1 Hefen	- 7 -
2.6 Grundlagen der Chromatographie	- 9 -
2.7 Sensorik.....	- 10 -
2.8 Chemische Grundlagen.....	- 11 -
2.8.1 Phenole im Wein.....	- 11 -
2.8.2 Anthocyane im Wein.....	- 12 -
2.8.3 Eichenlaktone	- 13 -
3 Methoden und Material.....	- 14 -
3.1 Versuchsaufbau.....	- 14 -
3.2 Versuchswein	- 15 -
3.3 Weinausbau.....	- 15 -
3.4 Kosten	- 16 -
3.5 Analytische Verfahren	- 17 -
3.5.1 Die FTIR (Fourier Transform Infrarotspektroskopie).....	- 17 -
3.5.2 High Performance Liquid Chromatography (HPLC)	- 17 -
3.5.3 Gaschromatographie (GC).....	- 17 -
3.5.4 Photometrie.....	- 17 -
3.5.5 Konelab.....	- 18 -
3.6 Mikrobiologie.....	- 19 -
3.6.1 Methoden zur Isolation von Hefen und deren Bestimmung.....	- 19 -
3.7 Sensorik.....	- 20 -
4 Versuchsergebnisse	- 21 -
4.1 Analytische Daten	- 21 -
4.2 Farbwerte	- 25 -
4.3 Gesamtphenolgehalt	- 28 -
4.4 Flüchtige Phenolische Verbindungen.....	- 29 -
5 Sensorische Veränderungen.....	- 36 -
5.1 Quantitativ deskriptive Analyse	- 38 -
5.2 Rangfolge	- 40 -
6 Mikrobiologie.....	- 41 -
6.1 Hefetypen.....	- 42 -
6.2 Hefezahlen	- 43 -

7	Zusammenfassung.....	- 43 -
7.1	Analytische Werte.....	- 43 -
7.2	Sensorische Analyse.....	- 48 -
7.3	Mikrobiologische Ergebnisse.....	- 48 -
8	Fazit.....	- 49 -
9	Literaturverzeichnis.....	- 52 -
	Anhang.....	- 55 -

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Varianten und ihre Versuchs- sowie Cuvéenummern.....	- 15 -
Tabelle 2 :	Kostenaufstellung der Varianten.....	- 16 -
Tabelle 3:	Prozentualer Anteil an der Gesamtfarbe.....	- 27 -
Tabelle 4:	Gesamtphenolgehalte von Konelab und Photometrie	- 28 -
Tabelle 5:	Absolute Werte der flüchtigen Phenole in µg/l vor der Abfüllung	- 30 -
Tabelle 6 :	Absolute Werte in µg/l vom 18.05.2007, Probennahme Juli 2006	- 32 -
Tabelle 7 :	Veränderung der Werte zwischen Juli 06 und Februar 07 in µg/l	- 32 -
Tabelle 8:	Rangfolge Verkostung Signifikanz (n=12).....	- 38 -
Tabelle 9:	Rangfolge Panel 2 Signifikanz (n=27)	- 41 -
Tabelle 10:	Rangfolge Panel 1 Signifikanz (n=12)	- 41 -

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Die fünf wichtigsten untersuchten phenolischen Verbindungen [16] - 12 -	
Abbildung 2: Strukturformel der Untersuchten Anthocyane [15]..... - 13 -	
Abbildung 3: Zuckergehalte am 06.03.2007 - 22 -	
Abbildung 4: Säuregehalte bei der Abfüllung - 23 -	
Abbildung 5: Relative Dichte bei der Abfüllung..... - 24 -	
Abbildung 6: Anthocyangehalte vom 12.02.2007 - 25 -	
Abbildung 7: Anthocyangehalte vom 26.02.2006 - 26 -	
Abbildung 8: Farbwerte vom Februar 2007 - 27 -	
Abbildung 9: Mittelwerte der Phenolgehalte..... - 29 -	
Abbildung 10: Gehalte von flüchtigen Phenolen - 29 -	
Abbildung 11: Veränderungen innerhalb von 8 Monaten - 31 -	
Abbildung 12: Vanillin- und Syringaldehydgehalte nach 12 monatiger Lagerung . - 31 -	
Abbildung 13: Eugenol (in $\mu\text{g/l}$) nach 12 monatiger Lagerung - 31 -	
Abbildung 14: Cis- und trans-Eichenlacton (in $\mu\text{g/l}$) nach 12 mon. Lagerung - 31 -	
Abbildung 15: Furfural (in $\mu\text{g/l}$) nach 12 monatiger Lagerung - 31 -	
Abbildung 16: Guajacol-Verbindungen(in $\mu\text{g/l}$) nach 12 monatiger Lagerung..... - 31 -	
Abbildung 17: Vergleichende Sensorik - Weine aus rekonditionierten Fässern - 31 -	
Abbildung 18: Beschreibende Sensorik für rekonditionierte Barriquefässer - 31 -	
Abbildung 19: Sensorische Auswertung Panel 1, 2 Wh. (n=12)..... - 39 -	
Abbildung 20: Die Rangziffern im Vergleich..... - 40 -	
Abbildung 21: Mittelwerte der identifizierten Hefekolonien..... - 40 -	
Abbildung 22: Messung des Anthocyanpektrums im Juli 2006 - 44 -	
Abbildung 23: Prozentuale Veränderung der Aromen des Prüferpanels I (n=12) - 45 -	
Abbildung 24: Prozentuale Veränderung der Aromen des Prüferpanels II (n=31)... - 46 -	

Abkürzungsverzeichnis

DNA	: Desoxyribonuclein Acid
PCR	: Polymerase Chain Reaction
RNA	: Ribonucleic Acid
QDA	: Quantitativ Deskriptive Analyse
Dp-3-gl	: Delphinidin-3-glykosid
Cy-3-gl	: Cyanidin-3-glykosid
Pt-3-gl	: Petunidin-3-glykosid
Po-3-gl	: Peonidin-3-glykosid
Mv-3-gl	: Malvidin-3-glykosid
Po-3-acgl	: Peonidin-3-acetylglykosid
Mv-3-acgl	: Malvidin-3-acetylglykosid
Po-3-cugl	: Peonidin-3-cumarylglycosid
Mv-3-cugl	: Malvidin-3-cumarylglykosid
NKS	: Nährkartonscheiben
g/l	: Gramm pro Liter
mg/l	: Milligramm pro Liter
µg/l	: Mikrogramm pro Liter
€/l	: Euro pro Liter
GS	: Gesamtsäure
° C	: Grad Celsius

1 Einleitung und Problemstellung

Der Barriqueausbau hat eine lange Tradition in der Weinbranche. Entstanden ist er aus dem Transportproblem von Wein in den letzten Jahrhunderten, Wein wurde traditionell in Frankreich in 225 Ltr. Fässchen in alle Welt verschickt. Auch in Deutschland gab es ein „Kleinholzfass“ für den Transport, das so genannte Oxhoft, welches jedoch heute weitgehend vom französischen Barriquefass verdrängt wurde [1]. Heutzutage wird kein Wein mehr in Barriques transportiert, es dient eigentlich nur noch der Flavourisierung der Weine, um die Röstaromen beizusteuern und die Polymerisierung anderer Inhaltsstoffe zu ermöglichen oder zu beschleunigen.

Da der Einsatz von Barriques sich aufgrund der Nachfrage vom Kunden immer mehr durchsetzt und verbreitet, liegt es nahe, in Hinsicht auf die Preisgestaltung der später erzeugten Weine, den immensen Anschaffungskosten eines neuen Barriquefasses aus dem Wege zu gehen und seinen Fassbestand möglichst lange zu nutzen. Diesem Bestreben nach langer Haltbarkeit der Fässer steht jedoch die Tatsache entgegen, dass in der Regel nach der 3. Belegung eines Barriquefasses die Auslaugung der erwünschten phenolischen Verbindungen und Aromastoffe auf ein Minimum zurückgeht und kaum noch eine Beeinflussung des Weines sensorisch festzustellen ist.

Hier setzt der Lösungsansatz der Fassaufbereitung an. Die Barriques werden von Spezialfirmen mechanisch, physikalisch und/oder chemisch behandelt, um den Auslaugungseffekt zu verbessern und damit die Belegbarkeit zu verlängern.

Es stellt sich die Frage, inwieweit sich diese aufbereiteten Barriques von den neuen bzw. von der Erst-, Zweit- oder Drittbelegung unterscheiden. Gibt es nur sensorische Unterschiede oder auch Unterschiede der Weine in der Analytik? Wie beeinflusst der im Holz noch vorhandene Weinrest das Aroma bei der Neutoastung? Wie verhalten sich die Mikroorganismen? Wird die Flora eines Fasses durch die Aufbereitung beeinflusst? Welche Unterschiede gibt es zum Einsatz von billigen, inzwischen zugelassenen Chips?

Der Schwerpunkt der Untersuchungen wurde auf die analytische-, sensorische-, wie auch die mikrobiologische Analyse der Weine gelegt.

2 Grundlagen und Allgemeines

2.1 Barrique, was ist das eigentlich?

Im Französischen bedeutete barrique ursprünglich Fass. Dann wurde der Begriff auf das gebräuchliche Fassmaß eingeschränkt, das in der Regel ein Volumen von 225 Litern besitzt. Mitunter wird auch der darin hergestellte Barriquewein abgekürzt als „Barrique“ bezeichnet. Von Barrique leitet sich auch das Wort Barrikade ab, denn während der Julirevolution 1830 dienten mit Erde gefüllte Barriques als Straßensperren.

Das Barrique wurde früher zum Weintransport auf Wagen und Schiffen benutzt. Irgendwann stellten Weinhändler fest, dass die Weine während des Transportes eine gewisse Reifung und Umwandlung mit gemacht hatten und hinterher besser schmeckten als vor der Abfüllung in die Fässer. Hier kann die Geburtsstunde des bewussten Barriqueausbaus angesetzt werden.

Das Barriquefass wird aus Eichenholz hergestellt. In der Regel werden hierfür feste Hölzer verwendet, die eine möglichst kleine Porung aufweisen, damit das Fass dicht bleibt. Häufig verwendete Eichensorten sind:

- Quercus petraea (Traubeneiche)
- Quercus ilex (Steineiche)
- Quercus frainetto (Ungarische Eiche)
- Quercus alba (Amerikanische Eiche)
- Quercus robur (Stieleiche/deutsche Eiche) [2]

Aus diesen Eichenstämmen werden in der Tonellerie oder der Käferei Dauben gespalten oder gesägt. Die höherwertigeren Fässer werden aus reinem Spaltholz hergestellt, die Massenproduktion läuft mit gesägten Dauben ab. Beim Sägen oder Spalten ist es immens wichtig, in der richtigen Richtung zu arbeiten und das harte Kernholz vom weicheren Holz an der Außenseite zu trennen, da ansonsten das Fass aufgrund der Markstrahlen undicht oder, aufgrund des zu weichen Holzes, instabil wird. Auch besitzt das außen liegende Holz eine andere Porung als das Kernholz.

Markstrahlen sind kleine Kanäle, die parallel zur Baumachse verlaufen und in denen die Säfte des Baumes transportiert werden. Diese müssen immer längs der Dauben verlaufen,

da ansonsten das Fass undicht wird.

Nach der Verarbeitung der Stämme zu Dauben wird das Holz, meistens 2 bis 3 Jahre, an der freien Luft getrocknet. Die Trocknung in Trockenschränken ist für die Fassherstellung nicht anzuwenden, da diese Hölzer sich schnell verziehen können, was wiederum zu Undichtigkeiten führt.

Nachdem das Holz abgelagert ist, wird es zuerst an den Enden zugefräst, damit die Dauben später eine runde Form bilden und der „Bauch“ wird ausgehobelt, d.h. die Daube wird in der Mitte abgehobelt.

Sind die Dauben fertig aufbereitet, setzt der Küfermeister das Fass zusammen und verspannt die Dauben in Montageringen aus Metall. Das Fass wird nun über ein Eichenholzfeuer gestellt und befeuchtet, damit die Dauben biegsam werden und nicht brechen. In diesem Schritt entsteht die typische Form des Barriquefasses. Sind die Ringe auf dem Fass, wird es behutsam über Eichenfeuer je nach gewünschtem Grad getoastet und danach wird das Fass erkalten gelassen. Sobald das Fass abgekühlt ist, behalten die Dauben auch ohne die Fassringe ihre gebogene Form bei.

Zum Abschluss werden die Montageringe durch die späteren Fassreifen ersetzt und in diesem Schritt gleich die Fassdeckel eingesetzt; hierfür werden oben und unten in die Fässer Nuten gefräst, in die exakt der auf jedes Fass maßgeschneiderte Deckel passt. Bei den Deckeln gibt es zwei Varianten, die ungetoasteten und die getoasteten Deckel. Welche eingesetzt werden, hängt letzten Endes von der Kuferei und der Bestellung des Kunden ab. Die Herstellung von Barriquefässern ist insgesamt recht aufwändig, woraus auch ihr recht hoher Preis resultiert. Zuerst müssen aus 150 bis 200 Jahre alten Eichenholzstämmen die Dauben hergestellt, getrocknet und mit viel Handarbeit ein Barriquefass hergestellt werden, das erst durch eine gezielte Toastung seine aromatisierende Eigenschaft erhält. Aus diesem Grund und den schon sehr zahlreich vorhandenen gebrauchten Barriquefässern in den selbstvermarktenden Betrieben und Kellereien wurden die beiden nachfolgend beschriebenen Verfahren zur Aufbereitung entwickelt.

2.2 Rekonditionierung durch Aushobeln und Neutoastung

Die als Neutoastung bezeichnete Aufbereitungsmethode ist im Grunde eine ganz einfache Methode, die von einigen Kufereien angeboten wird.

Grundlagen und Allgemeines

Die Grundzüge dieser Methode sind das Abschlagen des Barriquefasses, das Abhobeln der Dauben gefolgt von dem Wiederaufbau, der Toastung und Abdichtung des Fasses.

Wichtig bei dem Verfahren ist, dass das Fass vor dem Aushobeln richtig gereinigt wird. Weinsteinreste können den schnellen Tod der Hobelklinge bedeuten. Man muss ebenfalls darauf achten, alle Weinreste zu entfernen, da diese Fehleraromen bei der Toastung (Caramel- und Kochtöne) erzeugen können. Weiter wird nach der Reinigung eine Trocknung nötig, da das nasse Holz nur schwer zu bearbeiten ist. Auch stört Feuchtigkeit den Neutoastungsvorgang.

Nachdem die Dauben gereinigt und getrocknet wurden, werden diese mittels einer Hobelmaschine oder eines Handhobels bearbeitet. Dabei wird die alte Toastungsschicht entfernt, jedoch nicht mehr als 3-4 mm der inneren Daubenoberfläche.

Sind die Dauben fertig abgehobelt, wird das Fass wieder neu zusammen gesetzt, was nicht so einfach ist, da die Dauben wieder in der alten Reihenfolge zusammengesetzt werden müssen, da sonst Undichtigkeiten entstehen könnten. Auch durch das Trocknen kann das Fass undicht geworden sein. Hier gilt es also, besondere Sorgfalt walten zu lassen.

Bei der Toastung wird ähnlich wie bei neuen Barriquefässern vorgegangen, und das Fass wird entweder mittels Eichenholzfeuer, glimmenden Eichenholzspänen im Fass oder eines Infrarot-Verfahrens getoastet, wobei hier wohl das Infrarotverfahren die Wahl ist, da es die gleichmäßigste Toastung erlaubt.

Die Behandlung der Böden kann auf unterschiedliche Art und Weise erfolgen. Man kann sie einfach nur ausbauen, reinigen und dann wieder einbauen, was am einfachsten ist. Eine andere Methode ist, neue Böden einzusetzen, diese müssen jedoch genau auf das Fass zugeschnitten werden, da sie sonst nicht passen würden. Eine dritte Möglichkeit ist auch diese abzuhobeln und neu zu toasten, damit auch diese Flächen später der Auslaugung zur Verfügung stehen.

Beim Zusammenbau des Fasses und speziell beim Einbau der Böden ist auf ausreichende Abdichtung durch Schilf zu achten.

Dieser große Arbeitsaufwand zieht auch seine Kosten nach sich, die im Bereich um die 150 € pro aufgearbeitetem Fass liegen. Auch kann man diese Aufbereitung nicht beliebig oft wiederholen, da eine gewisse Daubenstärke für die Stabilität des Barriquefasses nötig ist. Wird diese unterschritten, wird das Fass undicht und kann im schlimmsten Fall brechen.

2.3 Rekonditionierung Verfahren „Thonhauser“

Die Rekonditionierung nach Thonhauser ist eine chemische Aufbereitungsmethode, die in Hinblick auf die Hygiene im Fass und die Vermeidung unerwünschter mikrobiologischer Aktivitäten entwickelt wurde. Gerade in Anbetracht der aufkommenden Brettanomyces-Problematik ist dies eine interessante Möglichkeit.

Die Reinigung der Fässer erfolgt bei dieser Methode in 5 Schritten, die Thonhauser wie folgt beschreibt:

- Hochdruckausspritzung mit TM RECOND® AC-Lösung: Entfernt Weinstein restlos, die Toasting-Aromen bleiben aber vollständig erhalten.
- Hochdruckspülung mit TM RECOND® pH: Der ursprüngliche Holz-pH-Wert wird wieder hergestellt.
- Nachspülung mit Wasser bis zur pH-Neutralität. Bei Bedarf wird das gereinigte Holzfass fraktioniert pasteurisiert.
- Das Holzfass wird am besten mit Heißluft getrocknet. Anschließend wird eine Trockenschwefelung vorgenommen, die alle 4 Wochen wiederholt wird, falls das Fass längere Zeit leer stehen muss. [3]

Dadurch wird das Fass vollkommen vom Weinstein befreit, ohne dass die noch vorhandenen Aromen der ersten Toastung verloren gehen. Diese Reinigung vergrößert die Kontaktfläche der Toastung zum Wein und öffnet die Poren, sodass die Kontaktfläche Wein/Fass zusätzlich vergrößert wird.

Nebeneffekt der Prozedur ist das Abtöten der Mikroorganismen. Laut Thonhauser sind die Fässer keimfrei und es wird den Betrieben angeboten, diese Keimfreiheit durch ein externes Labor zertifizieren zu lassen.

Klarer Vorteil dieser Methode gegenüber der Neutoastung ist die Kostenersparnis, da das Fass nicht abgeschlagen werden muss und auch keine weiteren aufwändigen Arbeitsschritte nötig sind, um das Fass zu reinigen.

Der Preis pro Fass liegt um die 30 €. Ein klarer Nachteil ist, dass man diese Methode nicht beliebig oft wiederholen kann, denn irgendwann bringt es nichts mehr, die inneren Oberflächen von Weinstein zu befreien.

2.4 Rekonditionierung durch manuelles Aushobeln ohne Toasten

In der Fassküferei Weisbrodt werden seit Generationen in Schauernheim-Rödersheim neue Barriques und große Holzfässer gebaut. Das Hauptgeschäft beruht auf Großaufträgen, die für verschiedene Kellereien und Firmen durchgeführt werden. Auf Anfrage und nur für ehemalige Kunden werden selbst gebaute Barriquefässer durch manuelles Aushobeln rekonditioniert und ohne Neutoastung wieder zusammengesetzt. Die Wiederverwendbarkeit dieser Fässer ist jedoch begrenzt, da der Arbeitsaufwand sehr hoch ist, und auch die Fässer nach der Rekonditionierung nur noch als normale Lagerbehälter Verwendung finden ohne die aromatischen Einflüsse eines neuen Barriquefasses. Durch die um 3-5 mm dünneren Daubenwände ist ein erhöhter Gasaustausch zu erwarten, und die Küfer empfehlen zur Erneuerung der typischen Barriquearomatik einen Chipszusatz durchzuführen. Die Arbeitskosten des Verfahrens sind mit 200 €/Fass relativ hoch, da Auseinanderbauen, manuelles Aushobeln und Wiederaussetzung des Fasses etwa drei Stunden in Anspruch nehmen und hierzu qualifizierte Arbeitskräfte eingesetzt werden müssen.

Die Qualität der damit hergestellten Weine hat gegenüber den Kontrollweinen aus nicht rekonditionierten Fässern keine eindeutige Verbesserung und nachvollziehbare höherwertige Beurteilung zur Folge. Vorteil des Verfahrens bleibt eine größere mikrobiologischen Sicherheit durch die radikale Beseitigung der oberen Daubenschichten mit sämtlichen Weinsteinanlagerungen und sonstigen organischen Resten.

Im Sinne dieser Ergebnisse wird für diese Möglichkeit der Fass-Rekonditionierung keine Empfehlung ausgesprochen. Saubere Gebrauchtässer können auch länger als 4 Jahre zur Weinlagerung verwendet werden, oder bei Verdacht auf Essigstich, Brettanomyces-Infektion, Schimmelbildung oder sonstiges werden daraus noch wertvolle Blumenkübel hergestellt, die noch lange einen guten Zweck erfüllen.

2.5 Grundlagen der Mikrobiologie

Im Weinbau sind jene Mikroorganismengruppen interessant, welche mittels Gärung Zucker in Alkohol umwandeln, wie z.B. Hefen oder Mikroorganismen, die Säuren abbauen können, wie z.B. einige Bakterien. Wenn diese Mikroorganismen jedoch unerwünschte Aktivitäten

durchführen, oder ihre Abbauprodukte zur sensorischen Ablehnung führen, können erhebliche wirtschaftliche Einbußen entstehen. In Holzfässern aller Art sind die Gefahren durch Mikroorganismen bedeutend größer als in anderen Lager- und Ausbaubehältern.

Dabei wird ein erhöhtes Augenmerk auf Hefen gelegt. Man darf die Bedeutung von Bakterien in der Weinbereitung nicht unterschätzen, gerade als Aromenbildner bei Fehltönen spielen Bakterien mit eine Rolle, jedoch sind die Einflüsse im Zusammenhang mit Barriqueausbau eher gering zu betrachten, da die Weine bereits einen kontrollierten biologischen Säureabbau gemacht haben und jeglicher vergärbare Zucker in Alkohol umgesetzt wurde, somit fehlt es an Nährsubstrat für Bakterien. Deswegen spielen die Bakterien an sich für diese Untersuchungen keine Rolle.

Bei der Lagerung spielen Schadhefen wie *Brettanomyces* eine viel größere Rolle. Da Thonhauser mit der *Brettanomyces*-Bekämpfung wirbt, wurden die Proben auch eingehend auf Hefen mit Fokus auf *Brettanomyces*-Hefen untersucht.

2.5.1 Hefen

„Der Wein verdankt seinen Charakter vorrangig der alkoholischen Gärung. Dabei verschwindet der Zucker des Traubensaftes, des Mostes, bis auf kleine Reste. An seine Stelle ist Alkohol, genauer Ethylalkohol oder Ethanol, getreten. Auch Aminosäuren, Mineralstoffe und viele andere Substanzen sind aus dem Most verschwunden oder verringert worden. Andere Stoffe wurden neu gebildet, wie etwa Glycerin, Butandiol, Bernsteinsäure, höhere Alkohole und viele Ester.

Diese tiefgreifende Veränderung des Traubensaftes, Most genannt, oder eines anderen Pflanzensaftes durch die Gärung ist das Produkt des Stoffwechsels der Hefe. Ohne die Hefe gäbe es keine Gärungsgetränke, auch nicht den Wein. [5] “

Hierdurch wird die Bedeutung der Hefe für die Weinbereitung sichtbar. Die Hefe ist der Grundbaustein zur Weinbereitung, ohne sie gäbe es einfach keinen Wein.

Die im Weinbau weit verbreiteten Hefen zur Alkoholerzeugung sind *Saccharomyces cerevisiae* und *Saccharomyces bayanus*, wobei letztere eher bei der Sektherstellung eingesetzt wird. Alle anderen Hefen werden als so genannte „wilde“ Hefen bezeichnet und sind Bestandteil der Flora und Fauna der Beerenhaut oder stammen aus einer mangelnden Kellerhygiene. Viele unterschätzen den Einfluss eines sauberen Kellers auf die

Grundlagen und Allgemeines

Weinqualität. Natürlich lässt sich das Auftreten von Hefen im Keller nicht vermeiden, aber man kann das Auftreten durch Sauberkeit verringern, denn Wein (Kahmhefen) und vor allem Most-Reste im Herbst bieten einen idealen Nährboden für Hefen und Bakterien. Diese „wilden“ Hefen sind unter anderem Kloeckera, Hanseniospora, Debaryomyces, Hansenula, heißt jetzt auch Pichia, und Metschnikowia [7]. Auch Shizosaccharomyces kann Traubenmoste vergären, zählt aber nicht zu den gewollten Hefen zur Alkoholerzeugung. Zu den wilden Hefen gehören auch noch nicht isolierte und in vitro gezogene Hefen.

Eine dritte Art von Hefen sind die weitläufig als Schadhiefen bezeichneten Hefen zu nennen, wie Brettanomyces, Dekkera und Zygosaccharomyces. Diese Hefen sind „wilde Hefen“ haben aber einen allgemein als schadhaft angesehenen Einfluss auf den Wein. Wobei speziell bei Brettanomyces ihr typischer „Fehlton“ kontrovers diskutiert wird, ob er unerwünscht oder Wert gebend ist.

Aber im Grunde sollte man Hefen lediglich nach Saccharomyceten und Nicht-Saccharomyceten unterteilen. Diese Unterteilung wird aufgrund der Gäraktivität von Hefen und derer Alkoholproduktion unternommen. Letztendlich ist eine genaue Bestimmung, um welche Hefe es sich handelt, nur per molekularbiologischer Untersuchungen (PCR) möglich.

Zu den Saccharomyceten zählt man stark gärraktive Hefen wie Saccharomyces oder Schizosaccharomyces. Sie erzeugen einen hohen Anteil an Alkohol im Gegensatz zu Nichtsaccharomyceten, welche schwach gärraktiv sind und auch andere Produkte als Alkohol produzieren. In diese Gruppe fallen die meisten der „wilden Hefen“, wie zum Beispiel Hansenula oder Brettanomyces. Diese Unterteilung kann man jedoch auf 4 Gruppen verfeinern:

1. stark gärende Hefen, welche die hauptsächlich Gärung bestreiten (nur Saccharomyces cerevisiae beziehungsweise S. bayanus)
2. schwach gärende Arten, welche zwar die Gärung einleiten, in deren Verlauf aber zurück gedrängt werden, obwohl sie zu Beginn den Starkgärern zahlenmäßig weit überlegen sind (Kloeckera, Candida, Metschnikowia und Hanseniospora)
3. Kahmhefen, welche aufgrund ihrer Sauerstoffabhängigkeit erst nach der Gärung auf der Oberfläche wachsen können (Candida und Pichia)
4. schwach oder nicht gärende Hefen, deren Anzahl in einer natürlichen Population zu gering ist, um eine Rolle bei der Weinbereitung zu spielen (Debaryomyces, Rhodotorula und Sporobolomyces) [6]

Die Bedeutung der Hefen für diese Untersuchung wird bei der Betrachtung der Umstände im Holzfass klar. Wein lagert über einen langen Zeitraum in einem gut durchlüfteten Behältnis bei konstanten Temperaturen. Dies sind ideale Bedingungen für Hefen. Hinzu kommt noch der Umstand, dass sich *Brettanomyces* in den Holzporen sehr wohl fühlt und Spezies wie *Candida* oder *Pichia*, welche zu den Kahlhefen gehören, bei Hohlagerung die Oberfläche besiedeln können. Auch kommen noch *Saccharomyces* Hefen vor, welche jedoch kaum weiteren Einfluss haben, da kein Zucker mehr vorliegt.

2.6 Grundlagen der Chromatographie

„Alle chromatographischen Verfahren beruhen letztlich auf einer ständigen Verteilung der zu trennenden Komponenten in einer innigen Mischung zweier unterschiedlicher Phasen [8] „

Man unterscheidet folgende Methoden der Chromatographie:

- SC : Säulenchromatographie
- DC : Dünnschichtchromatographie
- PC : Papierchromatographie
- GC : Gaschromatographie
- HPLC : Hochleistungs-Flüssigkeits-Chromatographie

Von den oben beschriebenen Chromatographiemethoden wurden zur Bestimmung verschiedener analytischer Parameter für diese Untersuchungen GC sowie HPLC eingesetzt,.

Mittels HPLC wurden Anthocyanenspektren, Säurespektrum sowie Zucker und Alkohol bestimmt.

GC wurde eingesetzt, um die Ergebnisse der Sensorik durch bestimmte ausgesuchte Marker zu untermauern und einen Bezug zwischen analytischen und sensorischen Ergebnissen herstellen zu können.

2.7 Sensorik

Das wohl empfindlichste, aber auch zu gleich unpräziseste Messinstrument, das man kennt, ist der Mensch selber. Dem Menschen ist es möglich, mit seinen Sinnen Dinge in einem Kontext zu erfassen, welchen kein Messgerät erfassen könnte. So kann der Geruchssinn eines Menschen Stoffe in so geringen Konzentrationen wahrnehmen, welche schon unterhalb den Mindestkonzentrationen eines Gaschromatographen liegen. Der Geschmackssinn eines Menschen ist etwas unsensibler, jedoch kann auch dieser empfindlicher als analytische Messgeräte sein.

Das Hauptproblem, welches sich in Bezug auf den Menschen stellt, ist jedoch nicht die Sensibilität, sondern der Kontext, in den jeder Mensch seine Sinneswahrnehmungen stellt. So empfindet der eine Mensch dieselbe Konzentration desselben Stoffes anders als ein Zweiter. Analysegeräte haben einen solchen Einfluss nicht.

Dieses Problem ist aber auch der Grund, warum man die Sensorik im Lebensmittelbereich und speziell bei Untersuchungen im Weinbereich durchführt. Neben der analytischen Bewertung nimmt ein Mensch gleichzeitig auch eine Bewertung des Genusserlebnisses vor und im Grunde geht es nur um dieses.

Auch kann man so Unterschiede erfassen, welche aus dem Empfinden des Menschen her rühren. Zum Beispiel wird ein süßer Wein fruchtiger als ein trockener Wein empfunden, obwohl die Konzentration der fruchtigen Geruchsstoffe absolut identisch ist. Diese interagierenden Eigenschaften sind nur sehr schwer und annäherungsweise durch statistische Modelle mit analytischen Instrumenten zu reproduzieren.

Für Weine sind im speziellen visuelle Erscheinung, Geruch, Geschmack und Körper – das so genannte Mouthfeeling – von essenzieller Bedeutung.

Unter der visuellen Erscheinung versteht man die Beurteilung der Farbe und der Klarheit eines Weines. Dies geschieht über den optischen Sinn. Da dieser Sinn jedoch gut erforscht ist und in seinen Grundzügen auf einem anderen Prinzip beruht als zum Beispiel der Tast- oder der Geschmackssinn, kann man diesen Sinneseindruck sehr gut mit analytischen Methoden erfassen.

Der Geruch eines Weines, sein Bouquet oder auch seine Fehlgerüche lassen sich dagegen besser vom menschlichen Geruchssinn detektieren. Dasselbe gilt auch für den Geschmack wie süß, sauer oder bitter. Diese Sinneseindrücke lassen sich um ein Vielfaches besser

durch den Geschmacksinn erfassen als mit jedem analytischen Verfahren. Gleiches gilt auch für den Körper eines Weines, bei welchem die Viskosität mittels Kraft-Tast-Sinn vom Menschen erkannt wird. Die Adstringens und der alkoholische Eindruck hingegen werden trigeminal, das heißt mit dem Schmerzsinne bewertet. Spätestens bei der trigeminalen Beurteilung von Sinneseindrücken steht die Analytik vor einem Problem, da diese Wahrnehmung sehr ins Empfinden und Fühlen hinein spielt.

In dieser Untersuchung wird ein Zusammenhang zwischen den sensorischen Eindrücken der menschlichen Prüfer und den Ergebnissen der Analyseapparate gesucht. Hierfür wurden die Attribute der Sensorik so gewählt, dass man die Stoffe möglichst einfach detektieren kann. Wie oben bereits festgestellt, sind jedoch die menschlichen Prüfer aufgrund der Empfindlichkeit ihrer Sinnesorgane und der Fähigkeit verschiedene Sinneseindrücke gegenüber den Analysengeräten weit im Vorteil.

Auch wird die Sensorik verwendet, um herauszufinden, ob es einen Unterschied zwischen den einzelnen Varianten gibt und wie groß dieser ausfällt. Hierzu wird die quantitativ deskriptive Analyse, kurz QDA, eingesetzt und eine Rangordnungsprüfung durchgeführt.

2.8 Chemische Grundlagen

In diesem Forschungsprojekt geht es hauptsächlich um die phenolischen Verbindungen im Wein und insbesondere um flüchtige phenolische Verbindungen, welche die Sensorik der Weine maßgeblich beeinflussen.

Weitere Stoffe, die zur Untersuchung herangezogen wurden, waren Lactone, speziell das „Eichenlaktone“. Darüber hinaus wurden auch aromatische Ketone zur Analyse der Weine mit herangezogen.

2.8.1 Phenole im Wein

Phenole sind Stoffe, welche aus phenolischen Säuren wie z.B. Ferulasäure oder Sinapinsäure gebildet werden. Sie werden auch die Hydroxy-Derivate der aromatischen Kohlenwasserstoffe genannt. Das Phenol stellt den Grundkörper aller phenolischer Verbindungen dar. Die wichtigsten für diese Untersuchungen relevanten phenolischen Verbindungen sind in folgender Abbildung 1 dargestellt.

Grundlagen und Allgemeines

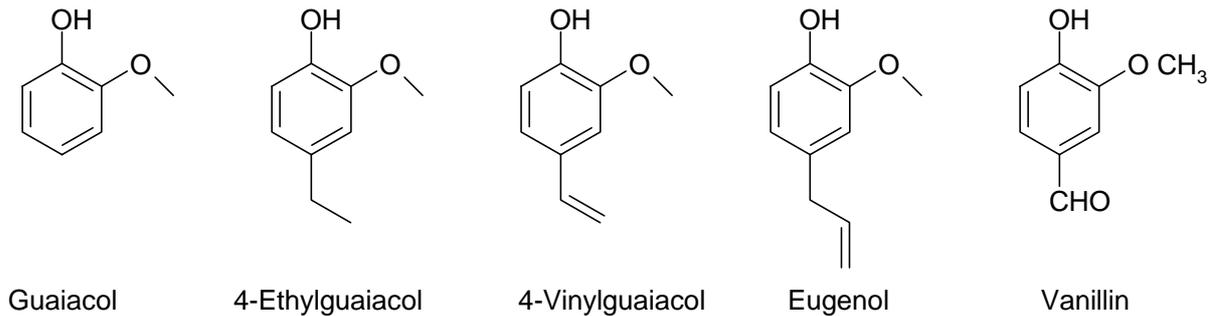


Abbildung 1: Die fünf wichtigsten untersuchten phenolischen Verbindungen [16]

Phenole sind im Wein maßgeblich mit am Aroma wie auch an der Farbe beteiligt, das macht sie für die Weinsensorik so interessant. Der größte Teil der phenolischen Verbindungen im Wein stammt aus der Beerenhaut oder den Kernen.

Phenole liegen im Wein in verschiedenen Formen vor, es gibt monomere Phenole, wie sie Abbildung 1 aufführt, Polyphenole wie Anthocyane und auch polymerisierte Polyphenole, z.B. polymerisierte Anthocyane. Mit zunehmendem Polymerisationsgrad nimmt die Flüchtigkeit der Phenole ab. Die monomeren Phenole sind an der Bildung der Polyphenole durch säurekatalysierte und oxidative Reaktionen über freie Radikale maßgeblich beteiligt. Dieser Umstand macht jedoch die monomeren Phenole sehr empfindlich gegen Oxidation [Würdig et al., 1989].

Sämtliche Polymerisations- und Oxidationsreaktionen sind die Reaktionen, welche durch den Ausbau im Barrique forciert werden. Im Barrique hat der Wein Sauerstoff, die Polymerisation von Polyphenolen wird durch aus dem Eichenholz gelöste Stoffe begünstigt. Über die lange Lagerzeit treten auch die Alterungseffekte der Phenole in den Vordergrund, begünstigt von den oben genannten Effekten. Auch treten Phenole vom Toasting in den Wein über, welche die Aromatik verändern, wie z.B. Vanillin oder Eugenol. [18].

2.8.2 Anthocyane im Wein

Anthocyane liegen nicht nur in roten Weinen vor. Sie sind der rote Farbstoff der Trauben. Anthocyane findet man zum Beispiel in allen Burgundersorten. Die Farbe von Anthocyanen ist stark vom pH-Wert abhängig. In saurem Medium, der Wein stellt ein solches dar, liegen die Anthocyane in ihrer rot gefärbten Form vor, in neutralem Milieu farblos. Anthocyane im Wein setzen sich aus einem Anthocyanidin und Glucose zusammen [15].

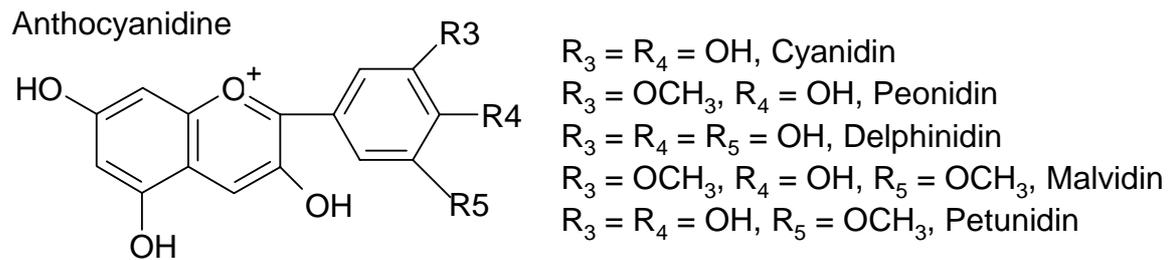


Abbildung 2: Strukturformel der untersuchten Anthocyane [15]

Abbildung 2 zeigt die Struktur der untersuchten Anthocyanidine. Anthocyane liegen aber nicht in dieser Form im Wein vor, sondern kommen immer verbunden mit einem Zucker vor, man spricht von glucosidierten Anthocyanidinen [15].

Anhand der Anthocyanenspektren kann man Sorten voneinander unterscheiden, da einige Rebsorten ganz spezifische Anthocyanenspektren haben. Zu einer dieser Sorten gehören auch die in diesen Untersuchungen verwendeten Spätburgunder und Dornfelder. Typisch für Spätburgunder ist z.B. das Fehlen von acetylierten und cumarylierten Anthocyanen [21].

2.8.3 Eichenlaktone

Lactone haben ebenfalls eine Bedeutung in der Aromatik eines Weines. Sie bilden sich jedoch meist in gelagerten Weinen, wie Sherry, auf chemischem oder enzymatischem Weg. 4-Oxo-Buttersäure wird als Schlüsselverbindung bei der Lacton-Synthese angesehen. Die meisten Lactone, die man in Sherries fand, konnten auch im Wein nachgewiesen werden. Die trivial als Eichenlakton bezeichnete Verbindung ist 3-Methyl-4-octanolid, diese wird auch im Zuge dieser Untersuchung bei den Versuchsvarianten analysiert. Das Eichenlakton ist mit an der typischen Eichenholznote von Weinen, welche in einem Holzfass gelagert wurden, beteiligt. Der Geschmack in konzentrierter Form wird als kokosnussartig beschrieben.

Die Untersuchungen von Pérez-Prieto zeigen, dass der Gehalt an cis- und trans-Eichenlakton mit der Zeit der Lagerung im Barriques signifikant ansteigt. Jedoch unterscheiden sich die Gehalte der beiden Lactone voneinander um den Faktor 10, cis-Eichenlakton liegt nach 270 Tagen Lagerung im Bereich um die 300 µg/L vor, während trans-Eichenlakton im Bereich von 30 µg/L vorliegt [17].

Da diese Laktone direkt aus dem Eichenholz ausgelaugt werden [32; 19], sind sie für diese

Methoden und Material

Untersuchung von Bedeutung, da es nahe liegt, dass die Menge der ausgelaugten Substanz mit zunehmender Belegung abnimmt.

3 Methoden und Material

3.1 Versuchsaufbau

Die Versuche wurden, mit Wiederholung, mit einem Spätburgunder Spätlese Rotwein, schon im Oktober 2005 gestartet und hauptsächlich im Keller des Dienstleistungszentrums Ländlicher Raum in Neustadt/W. durchgeführt. Ab Herbst 2004 konnten mit 16 rekonditionierten Barriquefässern aus Frankreich, in der Winzergenossenschaft „Vier Jahreszeiten“ Bad Dürkheim wertvolle Erfahrungen und erste Ergebnisse zum Einsatz rekonditionierter Barriquefässern mit der Rebsorte Dornfelder gesammelt werden. Die analytischen, sensorischen und mikrobiologischen Daten wurden im Weinlabor der Abteilung Weinbau und Oenologie des DLR Rheinpfalz erfasst und bewertet.

Der Untersuchung liegen mehrere Ausbauversuche in verschiedenen neuen und rekonditionierten Barriques zugrunde, sowie zum Vergleich eine Chips Variante, mit einer Zugabe von 250 g/hl Chips und Einsatz neuer Barriquefässer, französischer Herkunft. Verglichen werden die Methoden der Neutoastung des Barriques und der chemischen Aufbereitung nach Thonhauser gegen eine Kontrollvariante in schon viermal belegten Barriques. Zwei der Fässer wurden von der Firma Thonhauser aus Pechtoldsdorf (Österreich) vor Ort chemisch aufbereitet, die beiden Neutoastungsvarianten wurden von der Firma Eder in Bad Dürkheim ausgehobelt und neugetoastet. Die beiden neuen Barriques wurden ebenfalls über die Firma Eder in Bad Dürkheim bezogen. Verwendet wurden HighVanilla Chips (World Cooperage), bezogen von der Firma Eder, Bad Dürkheim. Die Versuchsdurchführung erfolgte im Keller des Staatsweingutes in Neustadt und der Winzergenossenschaft „Vier Jahreszeiten“ in Bad Dürkheim.

Zur einfacheren Übersicht und zum besseren Verständnis werden repräsentativ nur die Ergebnisse der Neustadter Versuche einbezogen, da bei den Bad Dürkheimer Varianten mit Dornfelder-Rotwein gearbeitet wurde und die Ergebnisse vergleichbar ausgefallen sind.

Jedem Fass wurde eine eigene Versuchsnummer gegeben, wobei im Verlauf der Lagerung die beiden Varianten zu Cuvées zusammengefasst wurden. Tabelle 1 zeigt die genauen Zusammenhänge.

Tabelle 1: Varianten und ihre Versuchs- sowie Cuvéenummern

Versuchsnummer	Bemerkung	Cuvée Nr.:
06-450	Barrique, neu (Tonnellerie Radoux-Frankreich)	C1
06-451	Barrique, neu (Tonnellerie Radoux-Frankreich)	
06-452	Rekonditioniert, Neutoast (Fa. Wilhelm Eder – Bad Dürkheim)	C2
06-453	Rekonditioniert, Neutoast (Fa. Wilhelm Eder – Bad Dürkheim)	
06-454	Chips (Typ High Vanilla/World Cooperage – von Fa. Eder-DÜW)	C3
06-457	Chips (Typ High Vanilla/World Cooperage – von Fa. Eder-DÜW)	
06-455	Kontrolle (gebrauchtes franz. Barriquefass-4.Belegung)	C4
06-456	Kontrolle (gebrauchtes franz. Barriquefass-4.Belegung)	
06-458	Rekonditioniert, Thonhauser (Verfahren TM-Recond [®])	C5
06-459	Rekonditioniert, Thonhauser (Verfahren TM-Recond [®])	

3.2 Versuchswein

Der Versuchswein in Neustadt/W. war ein 2005er Haardter Herrenletten Spätburgunder Spätlese. Aus den Anfangs zehn Versuchsvarianten, welche sich aus den fünf Versuchsvarianten und deren Wiederholungen zusammensetzen, wurden im Laufe der Bearbeitung fünf Cuvées erstellt.

Die Varianten wurden folgend benannt:

- C1 : Cuvée 1, Neues Barrique
- C2 : Cuvée 2, Neutoastung
- C3 : Cuvée 3, Chips Zusatz
- C4 : Cuvée 4, Kontrolle
- C5 : Cuvée 5, Thonhauser

3.3 Weinausbau

Der Versuchswein wurde am 18.10.2005 gelesen und 10 Tage auf der Maische vergoren. Am ersten Tag wurde er zum Start der Gärung auf 20 °C erhitzt anschließend die Hefe zugesetzt. Während der Gärung stieg die Temperatur bis auf 35-36 °C an. Zwei Tage vor der Maischepressung wurde zur besseren Polymerisationswirkung die Temperatur auf 40 °C erhöht, danach einen Tag abkühlen gelassen, abgewirzt und die festen Bestandteile mit pneumatischer Presse abgepresst.

Es fand nach dem Abpressen keine Anreicherung statt, da der Spätburgunder als Spätlese verkauft werden sollte und der Alkohol mit 106 g/l (= 13,5 %vol.) für Körper, Struktur

Methoden und Material

und Komplexität ausreichend versorgt war.

Der biologische Säureabbau und Fassweinlagerung erfolgte in Edelstahltanks, bis er am 14.12.2005 in die Barriques eingelagert wurde.

Die Barriques wurden bei gleich bleibender Temperatur im Holzfasskeller des Staatsweingutes in Neustadt bis Februar 2007 gelagert. Die Beifüllung der Fässer erfolgte gleichmäßig mit einer Spätburgunder Auslese desselben Jahrganges.

3.4 Kosten

Tabelle 2 : Kostenaufstellung der Varianten

Versuch	Grundpreis	Zusatzkosten	Gesamtkosten	Kosten/l
Barrique, neu	460,00 €	0,00 €	460,00 €	2,04 €
Aushobeln man.	50,00 €	200,00 €	250,00 €	1,20 €
Neutoastung	50,00 €	98,00 €	148,00 €	0,66 €
Chipszusatz	50,00 €	7,00 €	57,00 €	0,25 €
Kontrolle	50,00 €	0,00 €	50,00 €	0,22 €
Thonhauser	50,00 €	30,00 €	80,00 €	0,36 €

Wirft man einen Blick auf die Kostenaufstellung in Tabelle 2, so fällt auf, dass das neue Barrique die höchsten Kosten, mit einem Grundpreis von 460 €, verursacht hat. Die billigste Variante ist die Kontrolle mit nur 50 € für das gebrauchte Barrique-Fass.

Die Grundkosten spiegeln die Kosten für die Fässer wieder, als Zusatzkosten wurden die Kosten eingeordnet, welche für Chips, Reinigung und Rekonditionierung aufgewendet wurden. Die Chips sind hier der billigste Posten mit einem Preis von 14 €/kg. Die Kosten für die Neutoastung gibt die Firma Eder/Bad Dürkheim mit 98 €/Fass an, während für manuelles Aushobeln und Toasten von der Kuferei Weißbrodt in Rödersheim/Pfalz 150 bis 200 € veranschlagt werden. Thonhauser gibt für seine Methode der Rekonditionierung einen Preis von 30 €/Fass an, wobei in Abhängigkeit von der Menge noch Rabatte gewährt werden. In der oben stehenden Tabelle 2 sind lediglich die Materialkosten und Arbeitsaufwand für die Rekonditionierung aufgeführt. Rechnet man diese auf einen Liter Wein um, liegen sie im Bereich von 0,22 €/l bei der Kontrollvariante bis hin zu 2 €/l beim neuen Barrique.

3.5 Analytische Verfahren

3.5.1 Die FTIR (Fourier Transform Infrarotspektroskopie)

Die analytischen Grunddaten und periodische Überprüfung der Weine während dem Ausbau wurde mit der FTIR durchgeführt. Die FTIR ist ein Interferometer, dessen Interferogramm anschließend mittels des Fourier Transformationsprinzips ausgewertet wird. Für diese Versuche wurde ein Winescan FT 120 der Firma Foss verwendet. Das Verfahren beruht auf den allgemeinen Theorien der Spektrometrie, Lichtintensität, Transmittanz, Absorption und ihrer Relation zu zusammengesetzten Komponenten, in einer bestimmten Probe. Das WeinScan FT120 vergleicht die gemessenen Werte mit einer internen Datenbank, bevor ein Wert ausgegeben wird, das heißt je mehr mit diesem Gerät gemessen wird, umso genauer werden die Messergebnisse.

3.5.2 High Performance Liquid Chromatography (HPLC)

Diese Geräte wurden zur Bestimmung von Anthocyanen, Zucker/Alkohol und zum erstellen des Säurespektrum der Weinvarianten eingesetzt.

3.5.3 Gaschromatographie (GC)

Die GC Werte wurden ebenfalls in der Abteilung erstellt. Zur Verwendung kamen folgende Geräte: Gaschromatograph: GC 8060, Fa. Fision mit einer ZB-5 Säule, einer Vorsäule, Injektor Typ AS800 Splitless, Fa. Fision und einem Detektor MD 800 Massenspektrograph, Fa. Fision, die alle mit dem Trägergas Helium betrieben wurden. Die Probenaufbereitung erfolgte nach der für Chipsanalytik angepassten Anleitung nach SCHMARR ET AL. [30]:

3.5.4 Photometrie

Allgemein kam ein Photometer der Firma Varian mit der Bezeichnung Cary 100 Conc zum Einsatz. Zur Auswertung wurden die vom Hersteller mitgelieferte Software und Excel verwendet. Der Photometrie liegt das Lambert-Beersche Gesetz zugrunde, welches besagt, dass die Extinktion abhängig ist von der Schichtdicke der Probe, dem jeweiligen spezifischem Faktor der Probe und der Konzentration der zu untersuchenden Substanz.

Methoden und Material

3.5.4.1 Photometrische Bestimmung der Farbwerte

Die Farbwerte wurden direkt von den Rotweinen gemessen. Hierfür wurde eine 2 mm-Durchflussküvette genutzt. Es wurde von den drei Wellenlängen (520, 620 und 420 nm) die Extinktion gemessen. Der jeweils gemessene Wert musste dann mit 5 multipliziert werden, um ihn auf eine 10 mm-Küvette beziehen zu können.

Berechnung der Farbintensität $I = E(420) + E(520) + E(620)$

3.5.4.2 Gesamtphenolgehalt nach SINGLETON UND ROSSI

Benutzt wurden an Geräten 100 ml-Messkolben und Küvetten mit einer Schichtdicke von 10 mm. Gemessen wurde die Adsorption bei einer Wellenlänge von 765 nm.

Bei dieser Messmethode werden die Phenole in Gallussäure überführt und diese dann mit einem Indikator angefärbt. Der erhaltene Wert gibt den Wert an Gallussäure an, daraus kann man auf den Phenolgehalt zurück schließen.

3.5.5 Konelab

Das Konelab ist ein sehr neues Analysengerät, in welchem auf Basis von enzymatischen Reaktionen Stoffe analysiert werden können. So kann man mit dem Konelab alle enzymatischen Bestimmungen unter kontrollierten und genau definierten Bedingungen durchführen. Das für diese Arbeit verwendete Konelab 20i stammt von der Firma Thermo. Das Konelab besitzt ein eingebautes Photometer, mit dessen Hilfe die Proben analysiert werden, nachdem sie mit Hilfe von enzymatischen Färbereaktionen angefärbt wurden. Im Grunde ist das Gerät eine automatisierte Photometrie und misst nach demselben Prinzip. Die Extinktion wird hierbei auf Basis der Lichtintensität von nichtabsorbierenden und absorbierenden Proben errechnet [27].

3.6 Mikrobiologie

3.6.1 Methoden zur Isolation von Hefen und deren Bestimmung

Zur Isolation der Mikroorganismen kam eine Vakuumfiltervorrichtung zum Einsatz. In dieser wurden 100 ml Wein, möglichst steril aus den einzelnen Barriques oder später aus den abgefüllten Flaschen entnommen, durch eine 0,45 µm-Filterscheibe der Firma Sartorius filtriert.

Danach wurde diese Filterscheibe auf Nährkartonscheiben der Firma Sartorius im Brutschrank kultiviert. Die Kultivierdauer der Nährkartonscheiben betrug drei Tage. Danach wurden die Kolonien ausgezählt, mikroskopiert und auf Agarplatten weiter vermehrt. Es wurden drei Arten von Nährkartonscheiben verwendet:

1. Würze-NKS: Zur Kultivierung von Hefen generell
2. Lysin-NKS: Zur Kultivierung von Nichtsaccharomyceten
3. Jous de Tomate-NKS: Zur Untersuchung von Milchsäurebakterien

Als Gerätschaften wurden ein Olympus BH-2-Mikroskop mit 400facher Vergrößerung, ein Memmert U15-Brutschrank bei 28 °C und eine handelsübliche Vakuumfilterstation verwendet.

Der Ausstrich der Kolonien wurde auf selektivem Nährmedium durchgeführt. Hierzu kamen drei unterschiedliche Rezepturen zum Einsatz:

Alle drei Nährböden basieren auf einem Hefe-Malzextrakt-Agar welchem als Hemmstoff Cycloheximide zugegeben wurde.

Nachdem die Böden angerührt waren, wurden sie alle in einem Varioklav der Firma Dr. Hoiss und Partner GmbH München (heute Thermo) 20 Minuten bei 121 °C autoklaviert. Bei der Rezeptur nach COUTO ET AL. wurde neben Cycloheximide auch Chloramphenicol als Hemmstoff eingesetzt, Beides wurde im Gegensatz zu den ersten beiden Rezepturen nach dem Autoklavieren sterilfiltriert zugegeben. Darüber hinaus wurde in dieser Rezeptur ein Markerstoff in Form von p-Cumarsäure zugesetzt. Ziel dieser Nährböden war es, Brettanomyces-Hefen aufgrund ihrer Cycloheximid-Toleranz zu isolieren. Jedoch wurden die beiden ersten Rezepturen auch von Saccharomyces bewachsen, was darauf schließen lässt, dass das Cycloheximide nicht zu gering dosiert war.

3.7 Sensorik

Zur Untersuchung der Weine wurde die Quantitativ Deskriptive Analyse verwendet. Darüber hinaus wurde von den Prüfern eine Rangfolge festgelegt.

Die Weine wurden in zwei Prüferpanels verkostet. Die erste Gruppe setzte sich aus Prüfern vom DLR sowie eingeladenen Kellermeistern zusammen. Bei dieser Gruppe wurden in drei Terminen die Weine von insgesamt 15 Prüfern verkostet. An den ersten beiden Terminen wurden die Prüfer mit den vorher festgelegten Geruchs- und Geschmacksstandards trainiert, am darauf folgenden dritten Termin wurden alle fünf Weine in Wiederholung geprüft. Dieses Panel probierte die Weine in dem am DLR eingerichteten Sensorikraum in Einzelkabinen, die Daten wurden per EDV erfasst und ausgewertet. Die zweite Gruppe an Prüfern setzte sich aus Fachleuten und Spezialisten, im Rahmen eines mehrtägigen Sensorikseminars, zusammen. Die Probe wurde als Teil dieses Seminars und zur Veranschaulichung der QDA mit 35 Teilnehmern durchgeführt.

Unter der so genannten Quantitativ Beschreibenden Analyse (englisch: QDA: Quantitative Deskriptive Analysis) versteht man ein Probeverfahren, bei welchem die Weine, bevor sie verkostet werden, in einer Vorverkostung auf Aromen untersucht werden. In einer zweiten Sitzung der Prüfer werden die in der ersten Sitzung festgelegten Aromen als Standards probiert und über ihre Eignung entschieden. In einer letzten Sitzung der Prüfer werden die in der zweiten Sitzung bestimmten Aromen erneut auf ihre Eignung für die Probe geprüft. Darauf folgt dann letztendlich die abschließende Probe mit der Bewertung der eigentlichen Probeweine [12].

Ziel dieser Prüfmethode ist es eine qualitative und quantitative Beschreibung eines Weines sowie eine Aufschlüsselung seines Gesamteindrucks zu erhalten [14].

In den Sitzungen wurden für die Verkostung dieser Versuchsweine folgende Aromen als Standards festgelegt:

- Vanille
- Rauchig
- Würzig
- Eichenholz
- Erdbeere
- Kirsche

Als Geschmacksattribute wurden:

- Bitter
- Adstringens
- Körper

festgelegt. Kriterium dabei war es, möglichst einfache Aromen auszuwählen, welche man auch mit analytischen Methoden einfach bestimmen kann, um die Ergebnisse der Verkoster in einen Zusammenhang mit den analytischen Ergebnissen stellen zu können.

Um eine Wiederholbarkeit der Proben zu gewährleisten, wurden die Prüfer im Vorfeld der Verkostung mittels Standards trainiert.

Bei allen Verkostungen wurden die Proben mit Hilfe des FIZZ-Programms der Firma Biosystems verschlüsselt. Die Erfassung der Daten und deren Auswertung erfolgten ebenfalls mit diesem Programm.

Im Zuge der Sensorik wurde ebenfalls eine Rangfolgeprüfung durchgeführt. Beide Prüferpanels sollten am Ende der Probe ihren favorisierten Wein angeben und eine Rangziffer von 1-5 jeder der Proben zuordnen. Anhand dieser Zuordnung wurden dann die Ränge der einzelnen Varianten berechnet. Mittels Friedman-Test wurde die Signifikanz überprüft.

4 Versuchsergebnisse

4.1 Analytische Daten

Die Inhaltsbestimmungen der wichtigsten analytischen Parameter wurden zur Überprüfung von Änderungen durch die Rekonditionierungsverfahren gegenüber der Kontrolle oder den Ausbauvarianten mit Chips oder in neuen Barriquefässern durchgeführt. Dazu wurden jeweils Doppelbestimmungen mit den im Weinlabor verfügbaren Methoden durchgeführt und werden in den folgenden Graphiken dargestellt.

Versuchsergebnisse

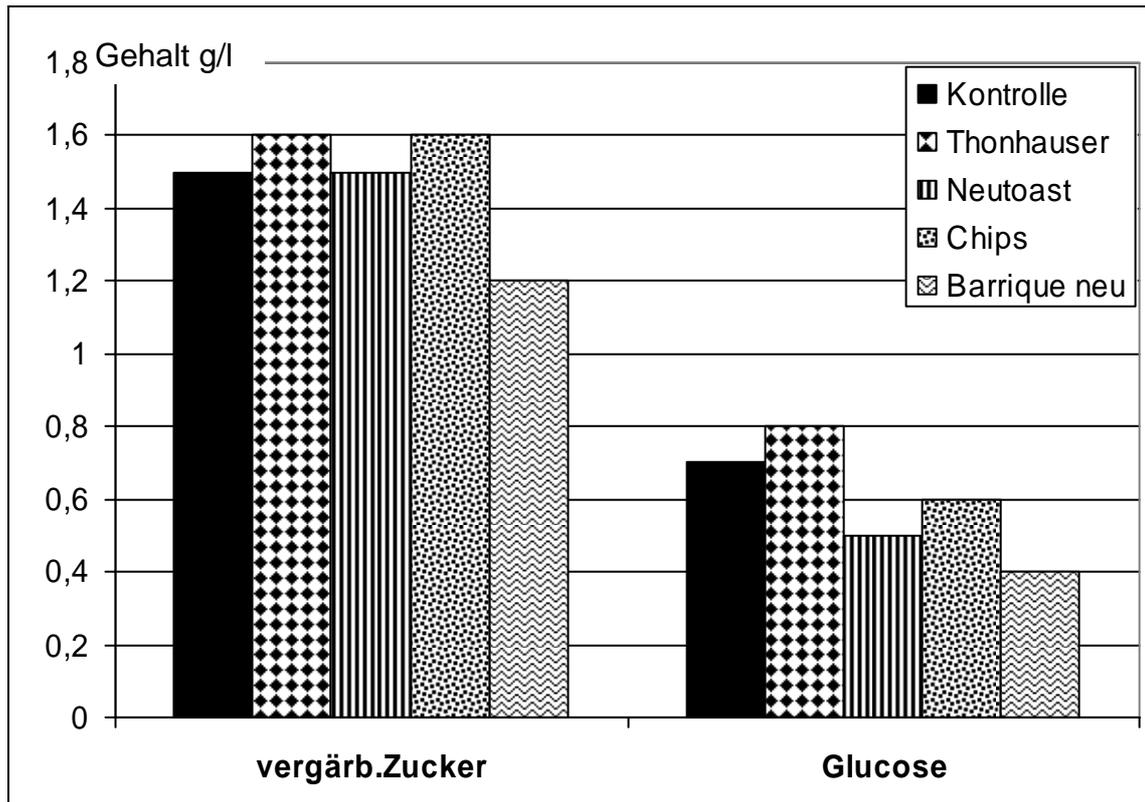


Abbildung 3: Zuckergehalte am 06.03.2007

Beim Zuckergehalt gibt es kaum Unterschiede. Alle Proben liegen beim vergärbaren Zucker im Bereich zwischen 1,2 und 1,6 g/l. Bei der Glucose liegen alle Proben im Bereich zwischen 0,4 und 0,8 g/l, wobei die Gehalte zwischen Proben Barrique neu, Neutoast, Chips, Kontrolle und Thonhauser linear ansteigen.

Die Gehalte an vergärbarem Zucker, als auch dessen Anteile an Glucose und Fructose sind in allen Varianten gering und konstant in der Schwankungsbreite. Messungsbereiche von 0,1-0,2 sind nicht relevant und können auch an der Messgenauigkeit der Geräte liegen.

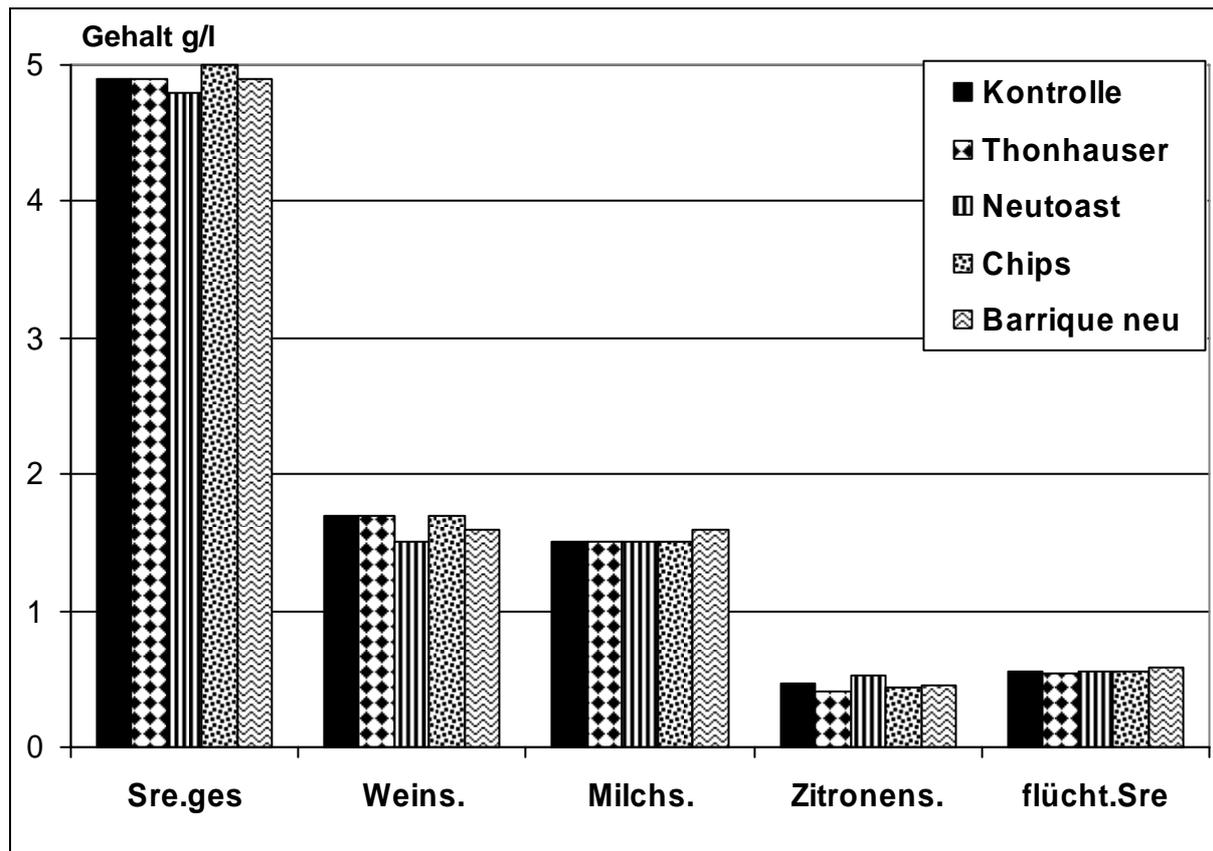


Abbildung 4: Säuregehalte bei der Abfüllung

Die Gesamtsäure liegt bei allen Proben unter 5 g/l und schwankt von der niedrigsten Probe Neutoast mit 4,8 g/l höchsten Probe Chips mit 5 g/l um 0,2 g/l, was aber wohl auch durch die Messungenauigkeit bedingt wird.

Der Gehalt an Weinsäure schwankt von 1,5 g/l bei Neutoast zu 1,7 g/l bei Chips, Kontrolle und Thonhauser.

Der Milchsäuregehalt liegt bei Proben Neutoast, Chips, Kontrolle und Thonhauser bei 1,5 g/l nur Barrique neu weist mit 1,6 g/l einen leicht höheren Wert auf.

Der Äpfelsäuregehalt ist nicht mehr nachweisbar, da er beim BSA vollständig abgebaut wurde. Der Gehalt an Zitronensäure liegt, bei allen untersuchten Proben, im Bereich um 0,5 g/l. Auch der Gehalt an flüchtiger Säure liegt bei allen Proben auf gleicher Höhe von 0,6 g/l.

Diese Werte belegen zusätzlich, dass während des Weinausbaues in den unterschiedlichen Varianten, keine Änderungen im Säurebereich stattgefunden haben.

Der Alkoholgehalt beträgt bei allen Proben zwischen 106 und 107 g/l. Auch hier erkennt man kaum Unterschiede zwischen den Proben, so dass auf eine graphische Darstellung

Versuchsergebnisse

verzichtet wird.

Nach insgesamt 12 Monaten Holzfasslagerung sind die Unterschiede ebenfalls gering, da die Barriques in gleichen Bedingungen gelagert und begefüllt wurden. Kleine Schwankungen von 2-3 g/l kann auf Verdunstungseffekte zurückgeführt werden, die durch die unterschiedliche Daubendicke nach den Rekonditionierungsverfahren vorliegen und kann erst bei einer längeren Holzfasslagerung zu erheblichen Verlusten führen.

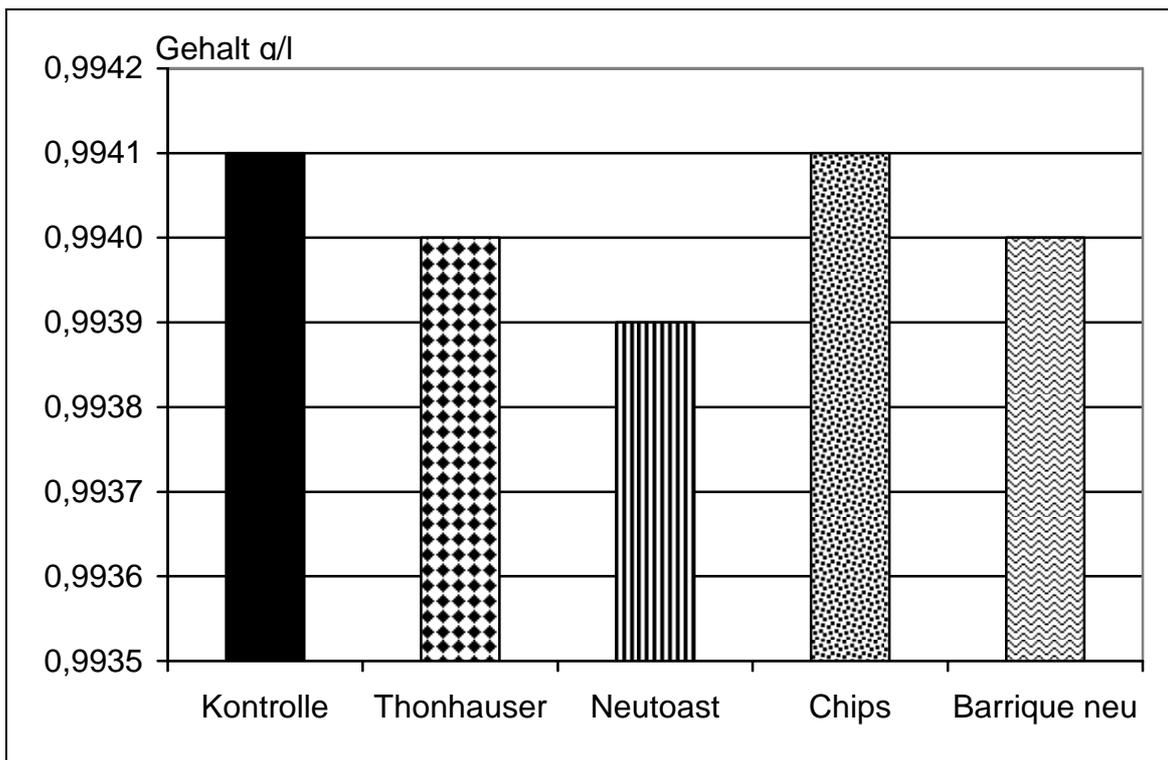


Abbildung 5: Relative Dichte bei der Abfüllung

Aus Abb. 5 lassen sich die Messergebnisse der relativen Dichten vom 06.02.2007 entnehmen. Auch hier liegen alle Proben auf einem ähnlichen Niveau im Bereich zwischen 0,9939 und 0,9941. Auch hier sind die Unterschiede minimal, da die Werte in der Messtoleranz liegen. Dies verdeutlichen auch die Spannen der einzelnen Wiederholungsmesswerte an. Die restlichen analytischen Werte (Gesamtsäure mit Säureanteilen, Extraktwerte mit Glycerinanteil etc) werden nicht weiter vorgestellt, da alle Werte in einem sehr kleinen Bereich schwanken, der genauso gut auf die Messgenauigkeit der Geräte zurückgeführt werden könnte.

4.2 Farbwerte

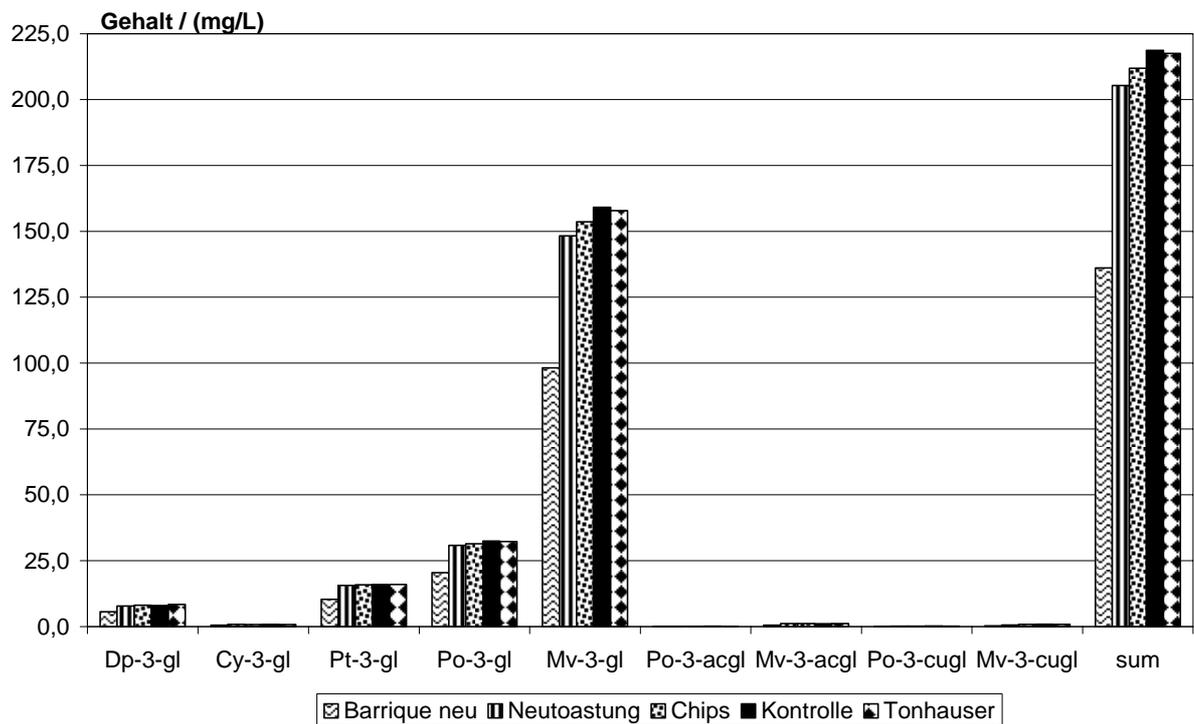


Abbildung 6: Anthocyanengehalte vom 12.02.2007

Abbildung 6 zeigt die Ergebnisse des Laufs der Cuvées vom 12.02.2007.

Man kann erkennen, dass nur die Gehalte von Malvidin-3-glukosid, Peonidin-3-glukosid, Petunidin-3-glukosid und Delphinidin-3-glukosid bei diesem Lauf erkennbare Unterschiede aufwiesen. Es zeigt sich, der Wert für das neue Barrique (C1) bei dieser Messung etwas heraus fällt, liegt er doch bei Mv-3-gl bei unter 100 mg/l, wobei die andern Werte um die 150 mg/l liegen. Dies lässt sich auch bei Po-3-gl, Pt-3-gl und Dp-3-gl erkennen, dass der Wert niedriger ist als die anderen Varianten. Die anderen Varianten liegen bei den genannten Anthocyanen auf einem ähnlichen Niveau. Alle Varianten liegen bei Po-3-gl im Bereich von 20-32 mg/l, bei Pt-3-gl bei 10-16 mg/l und bei Dp-3-gl zwischen 5-8 mg/l.

Die Werte von Cyanidin-3-glukosid, den acetylierten sowie den cumarylierten Anthocyanen liegen zwischen 0 und 1 mg/l und fallen daher nicht weiter ins Gewicht. Dies ist jedoch typisch für die Rebsorte Spätburgunder.

Versuchsergebnisse

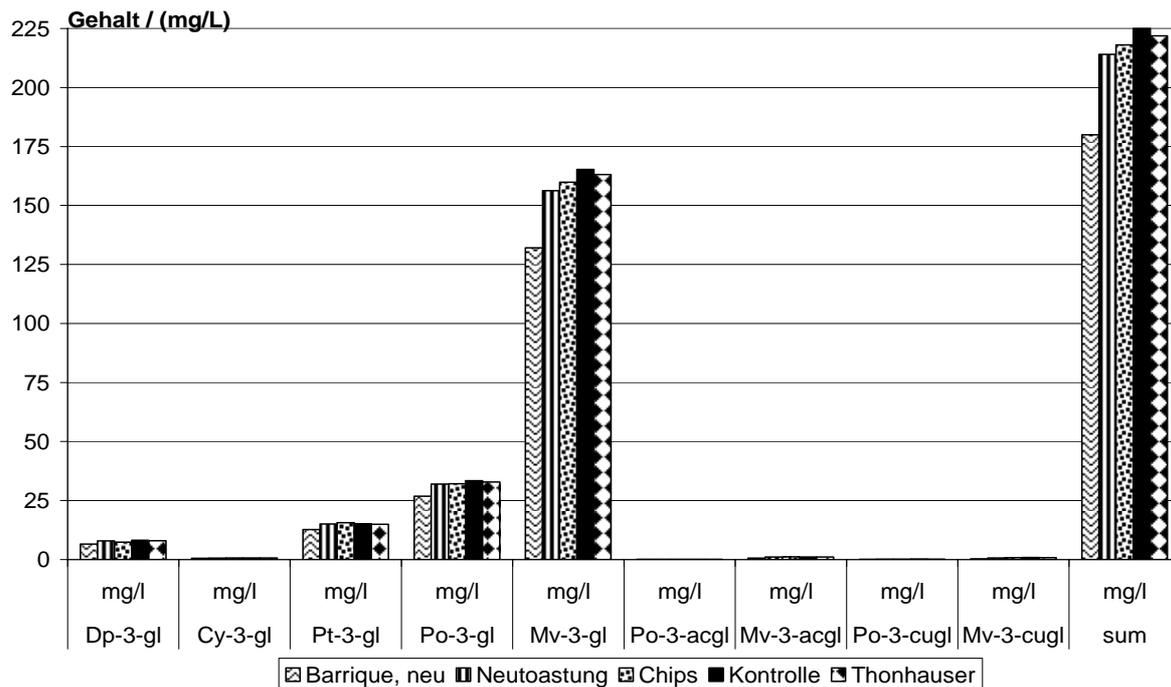


Abbildung 7: Anthocyangehalte vom 26.02.2006

Abbildung 7 zeigt einen zweiten Lauf vom 26.02.2006.

Auch bei diesem Lauf fällt auf, dass die Variante aus dem neuen Barrique die wenigsten Anthocyane aufweist, wenn man die Summe betrachtet. Auch der Gehalt an Mv-3-gl liegt bei der neuen Barrique-Variante deutlich niedriger als bei den anderen vier Varianten, welche wieder auf einem Niveau von über 150 mg/l liegen.

Die zweitgrößte Menge stellt bei allen Varianten Peonidin-3-gl mit einem Gehalt zwischen 26 und 33 mg/l dar, gefolgt von Pt-3-gl mit einem Gehalt zwischen 12 und 16 mg/l. Die letzte größere Menge an Anthocyanen stellt Dp-3-gl dar mit einem Gehalt im Bereich zwischen 6 und 8 mg/l bei allen Proben.

Die acetylierten und cumarylierten Anthocyane liegen in ihren Gehalten unter 1 mg/l. Dasselbe gilt auch für Cy-3-gl, was wiederum typisch für die Sorte Spätburgunder ist.

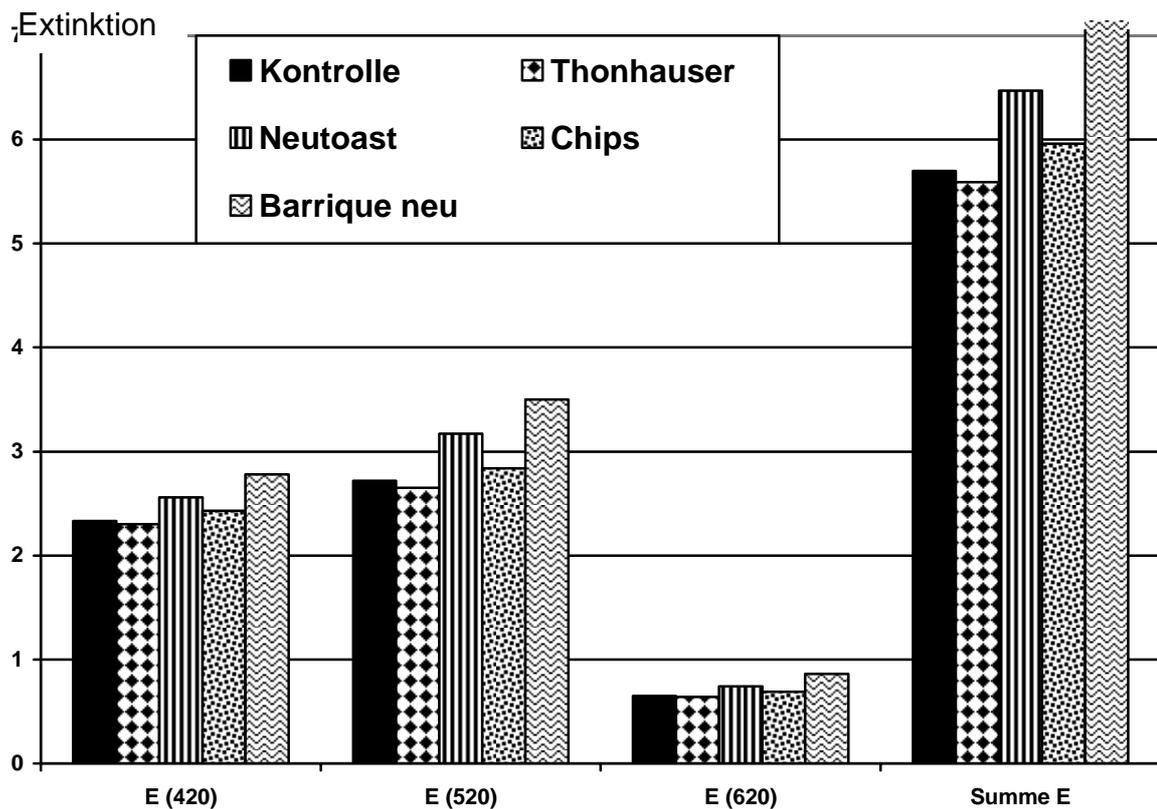


Abbildung 8: Farbwerte vom Februar 2007

Bei den Farbwerten ist zu sagen, dass sich die Farbtintensität und die Farbnuance der Proben verändert. So sinkt der Rotanteil im Farbeindruck parallel zur Farbtintensität von 49 % auf 47 % ab. Während der Blauedruck von 39 % auf 42 % ansteigt. Der Braunanteil bleibt mit 11-12 % Prozentual bei allen Varianten gleich. Siehe hierzu auch Tabelle 3.

Tabelle 3: Prozentualer Anteil an der Gesamtfarbe

	E (420) (Blau)	E (520) (Rot)	E (620) (Braun)	Summe
Kontrolle	41%	48%	11%	100%
Barrique neu	39%	49%	12%	100%
Neutoast	40%	49%	11%	100%
Chips	41%	48%	12%	100%
Thonhauser	41%	47%	11%	100%

Versuchsergebnisse

4.3 Gesamtphenolgehalt

Der Gesamtphenolmessung wurde mit zwei Methoden durchgeführt. Einmal wurde der Gesamtphenolgehalt mittels Konelab bestimmt und einmal mit der Referenzmethode FolinC mit einem Photometer.

Die Werte von Photometer und Konelab korrelieren sehr gut miteinander und unterscheiden sich nur minimal voneinander. Die einzelnen Versuchsvarianten und ihre Wiederholungen weisen keine großen Unterschiede in ihren Gesamtphenolgehalten auf.

Die Unterschiede der einzelnen Varianten liegen im zweistelligen Milligrammbereich, was angesichts der Dimensionen der Gehalte von über 2 g/l zu vernachlässigen ist. Dadurch lässt sich mit hoher Wahrscheinlichkeit sagen, dass im Gesamtphenolgehalt zwischen den Varianten nur geringfügige Unterschiede vorliegen.

Tabelle 4: Gesamtphenolgehalte von Konelab und Photometrie der einzelnen Versuche und ihrer Wiederholungen

Versuchs- Nummer	Gehalt Photometrisch mg/L	FolinC Test Ergebnisse (Konelab) [mg/l]	Differenz
06-450	2273,51	2134,25	139,26
06-451	2292,25	2120,05	172,20
06-452	2245,92	2162,60	83,33
06-453	2288,71	2123,35	165,37
06-454	2336,45	2168,30	168,15
06-455	2304,62	2159,25	145,38
06-456	2326,55	2129,90	196,65
06-457	2307,45	2168,55	138,91
06-458	2291,54	2133,75	157,79
06-459	2297,20	2117,40	179,80

Auch wenn man die Mittelwerte der Varianten betrachtet, fallen die Unterschiede nicht weiter ins Gewicht, was auch für die sensorischen Ausprägung der Weine wenig signifikante Unterschiede zulässt.

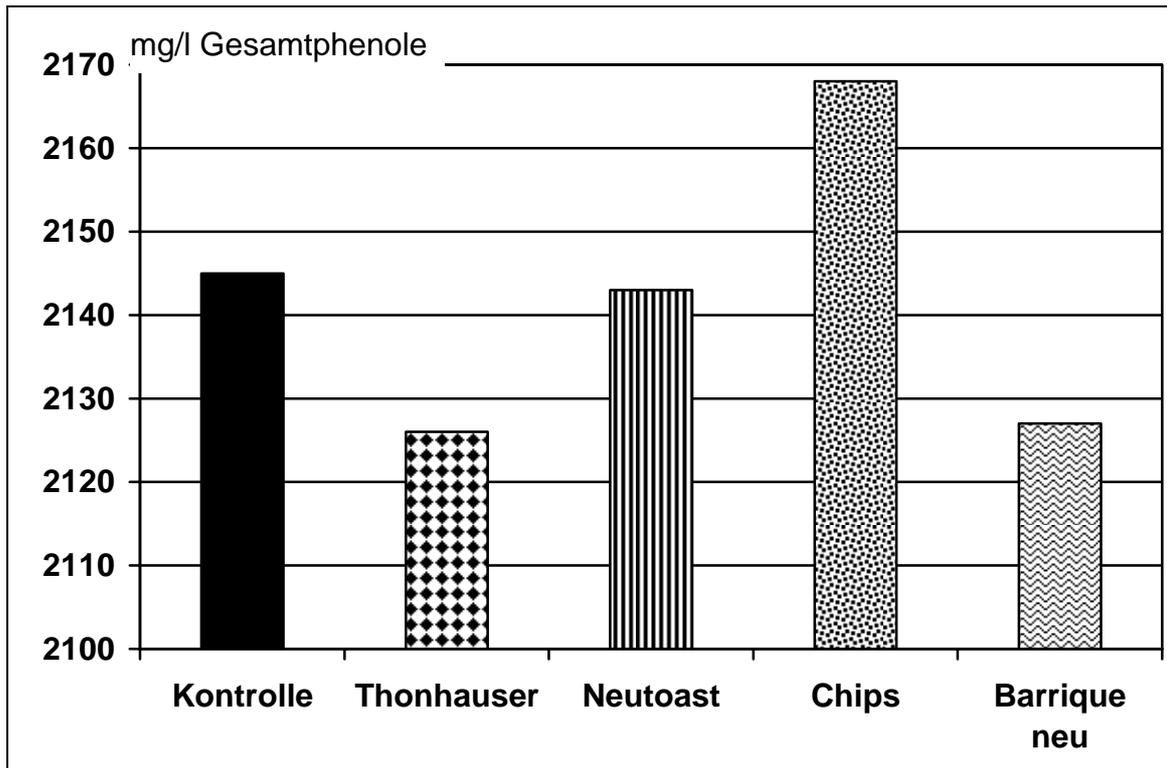


Abbildung 9: Mittelwerte der Phenolgehalte

4.4 Flüchtige Phenolische Verbindungen

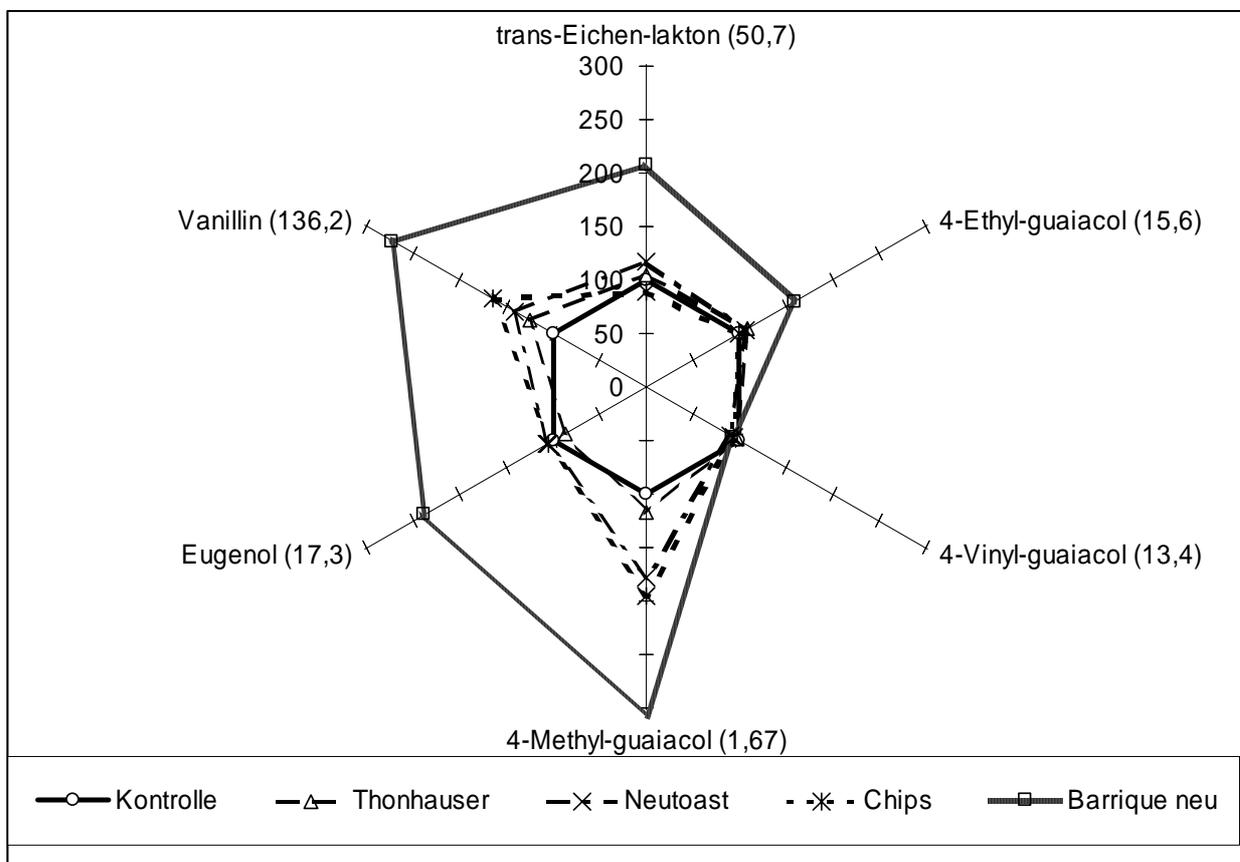


Abbildung 10: Gehalte von flüchtigen Phenolen relativ zur Kontrolle vom 15.05.2007

Versuchsergebnisse

Wenn man sich die Verhältnisse der Gehalte der ausgewählten Markersubstanzen betrachtet, fällt auf, dass bei dem neuen Barrique generell ein höherer Gehalt zu finden ist. Beim Vinylguaiacol gibt es keine Unterschiede, dies liegt jedoch daran, dass die gemessenen Werte unterhalb der Kalibriergeraden lagen. Der Furfuralgehalt beim neuen Barrique ist signifikant im Vergleich mit den anderen Varianten erhöht und liegt etwa 13fach höher als die Kontrolle, und entspricht 2536 µg/l.

Bei den Chips liegen erhöhte Werte bei den beiden Eichenlaktone und beim Vanillin vor. Die anderen Proben liegen in etwa auf dem Niveau der Kontrolle, Vanillin und die Eichenlaktone sind bei den rekonditionierten Varianten ebenfalls leicht erhöht, kommen aber nicht an die Gehalte des neuen Barriques heran. Das Ethylphenol weist bei der Kontrolle den höchsten Wert auf, wohingegen in dem neuen Barrique nichts enthalten ist. Siehe hierzu auch die absoluten Gehalte in Tabelle 5.

Tabelle 5: Absolute Werte der flüchtigen Phenole in µg/l vor der Abfüllung (Febr. '07)

Jul 06	Vanillin	Eugenol	cis-Eichenlaktone	trans-Eichenlaktone	Vinylguaiacol	Ethylguaiacol
Kontrolle	136	16	227	51	13	16
Barrique neu	368	38	384	105	13	25
Neutoast	191	18	255	59	12	16
Chips	223	17	208	45	12	15
Thonhauser	170	14	211	53	13	16
	Furfural	Guaiacol	Syringaldehyd	Ethylphenol		
Kontrolle	194	15	226	38		
Barrique neu	2536	22	668	0		
Neutoast	210	17	390	35		
Chips	274	16	368	29		
Thonhauser	227	16	283	31		

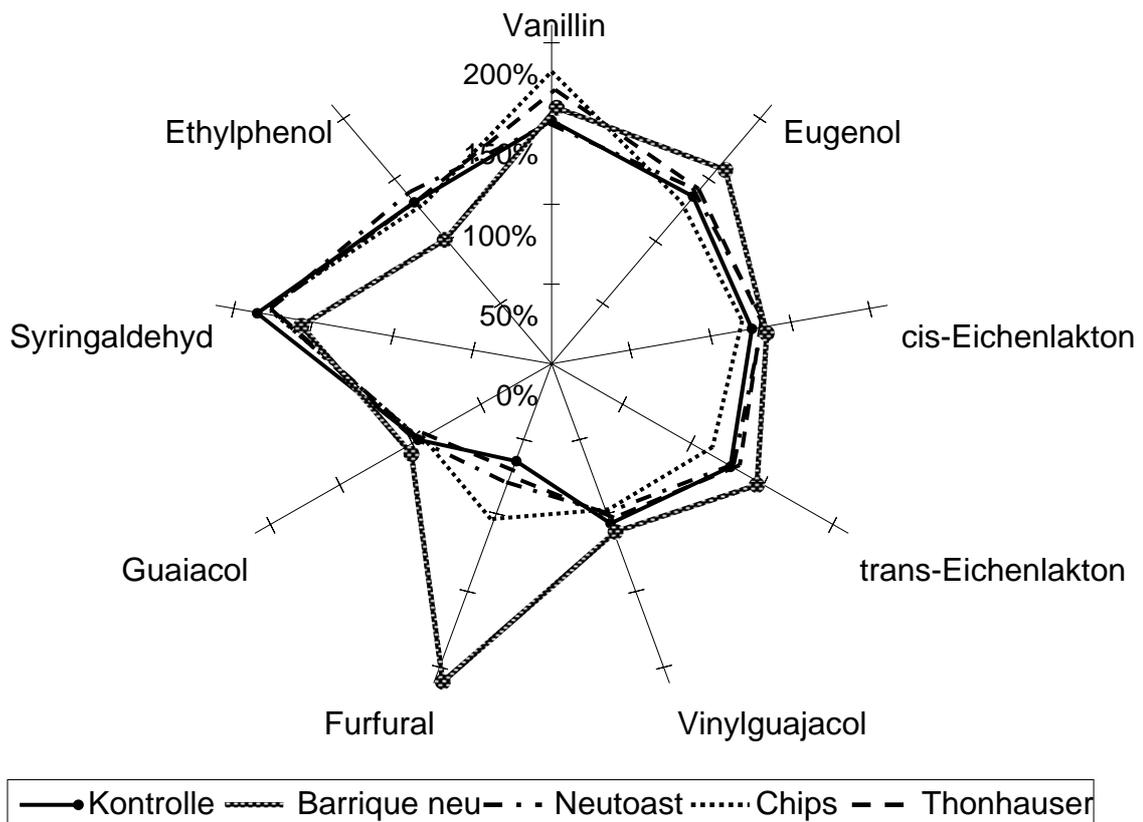


Abbildung 11: Prozentuale Veränderung innerhalb von 8 Monaten (zw. Juli '06 und Februar '07, wobei Juli '06 = 100%)

Vergleicht man die Daten, welche man aus der Messung von im Juli 2006 genommenen Proben mit denen der Messung von den im Februar genommenen Proben, so fällt auf, dass sich die Gehalte der Inhaltsstoffe alle mehr oder weniger gesteigert haben. Ausnahme bilden hier Furfural- und Guaiacolgehalt der Kontroll-, Neutoastungs- und Thonhauservariante, welche zum Teil signifikant abgenommen haben.

Versuchsergebnisse

Tabelle 6 : Absolute Werte in µg/l vom 18.05.2007, Probennahme Juli 2006

Jul 06	Vanillin	Eugenol	cis-Eichenlakton	trans-Eichenlakton	Furfural
Kontrolle	90	12	181	40	305
Barrique neu	226	23	292	74	1234
Neutoast	132	13	190	45	254
Chips	128	14	176	39	253
Thionhauser	102	11	164	40	287
	Vinylguaiacol	Ethylguaiacol	Guaiacol	Syringaldehyd	Ethylphenol
Kontrolle	12	0	16	123	29
Barrique neu	12	0	21	420	0
Neutoast	12	0	18	225	26
Chips	12	0	17	211	24
Thionhauser	12	0	16	160	24

Tabelle 7 : Veränderung der Absolutwerte zwischen Juli 2006 und Februar 2007 in µg/l

	Vanillin	Eugenol	cis-Eichenlakton	trans-Eichenlakton	Furfural
Kontrolle	46	4	46	11	-111
Barrique neu	142	15	92	31	1302
Neutoast	59	5	65	14	-44
Chips	96	3	32	6	21
Thonhauser	68	4	47	13	-60
	Vinylguajacol	Ethylguajacol	Guaiacol	Syringaldehyd	Ethylphenol
Kontrolle	1	16	-1	103	9
Barrique neu	1	25	1	248	0
Neutoast	0	16	0	165	9
Chips	0	15	-1	157	5
Thonhauser	1	16	0	123	7

Die Werte, die sich bei allen Varianten am meisten erhöht haben, sind Syringaldehyd und Vanillin. Diese haben sich bei allen Proben mindestens um die Hälfte erhöht. Tabelle 6 zeigt die absoluten Werte der Messung, Tabelle 7 zeigt die Veränderung der Absolutwerte. Die Gruppe der aromatischen Aldehyde, die durch Trocknung und Oxidation aus dem Lignin des Holzes entstanden sind, spielen die wichtigste Rolle in der Ausprägung einer neuen und typischen Holzaromatik. Voraussichtlich ist, dass in einem vierfach gebrauchten Barriquefass die Anteile dieser Aromen am Geringsten und im neuen Barrique am Höchsten ausfallen wird. Enttäuschend gering sind die Anhebung dieser Stoffgruppen durch die Rekonditionierungsverfahren wie auch beim Chipszusatz in einer Dosage von 200 g/hl. Die Zunahme beträgt für Vanillin 25-50 % (neues Barrique +160 %) und für Syringaldehyd 40-80 % (neues Barrique +220 %). Diese Unterschiede sind auch in der sensorischen Ausprägung eindeutig festzustellen.

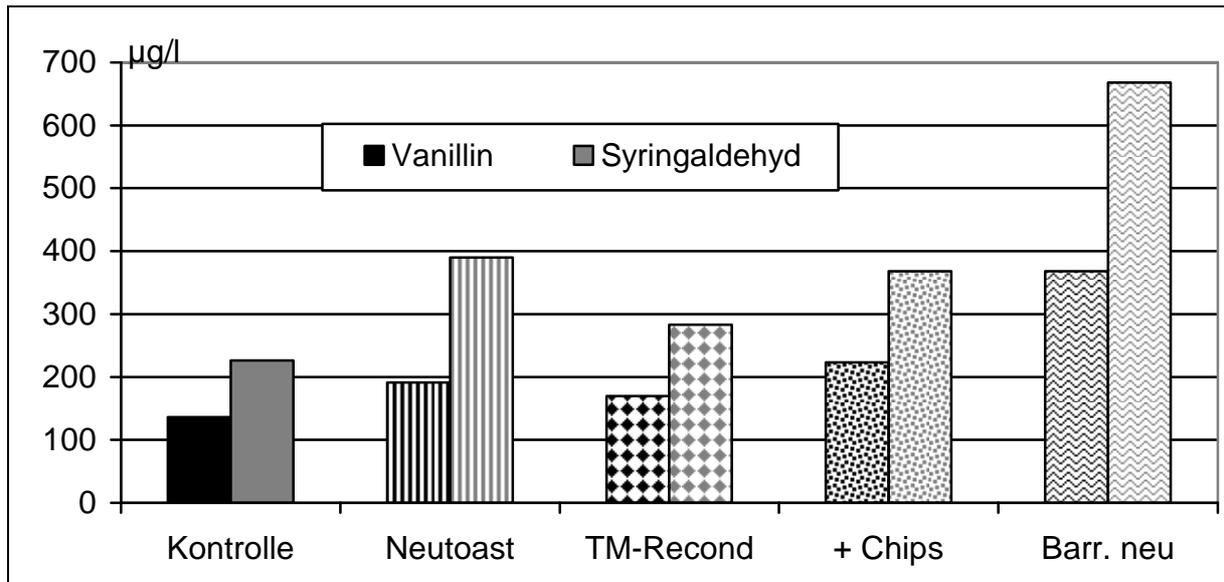


Abb. 12 Vanillin- und Syringaldehydgehalte nach 12 monatiger Lagerung (2005er Spätburgunder)

Eugenol ist auch in kleinen Mengen für Geruch und Geschmack der Weine ausschlaggebend. Aus geröstetem Holz werden unterschiedliche Mengen ausgelaugt, die eine Aromatik nach Gewürznelke hervorrufen. In Abbildung 15 liegt dieser Wert, im gleichen Grundwein, bei allen Varianten in gebrauchten Barriquefässern bei ca. 50 % eines neuen Barriques. Durch Aushobeln und Neutoasten der Fässer konnten die Gehalte an Eugenol nicht erhöht werden.

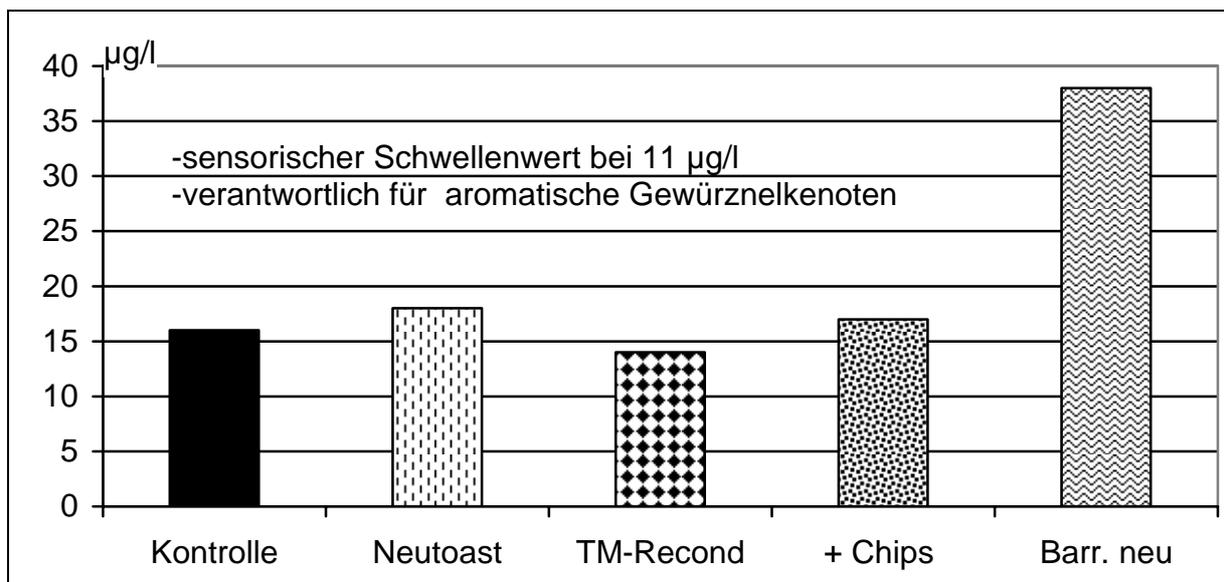


Abb. 13 Eugenol (in µg/l) nach 12 monatiger Lagerung (2005er Spätburgunder, SL)

Wichtig für den Aromenkomplex von Holzfässern sind auch die Eichenlaktone. In ihren Formen cis- und trans- stehen diese für Eichenholz- und Kokosnussaromen und sind mit

Versuchsergebnisse

einem kleinen Geruchsschwellenwert sehr gut wahrnehmbar. Auch hier wird die unzureichende Wirkung der Rekonditionierungsverfahren im Vergleich zum gebrauchten und auch neuen Barriquefass sichtbar. Gegenüber dem nicht rekonditionierten Fass sind keine Zunahmen zu verzeichnen und gegenüber dem neuen Barriquefass betragen diese ca. 50 %. Dies erklärt auch die unterschiedliche sensorische Ausprägung der Weine.

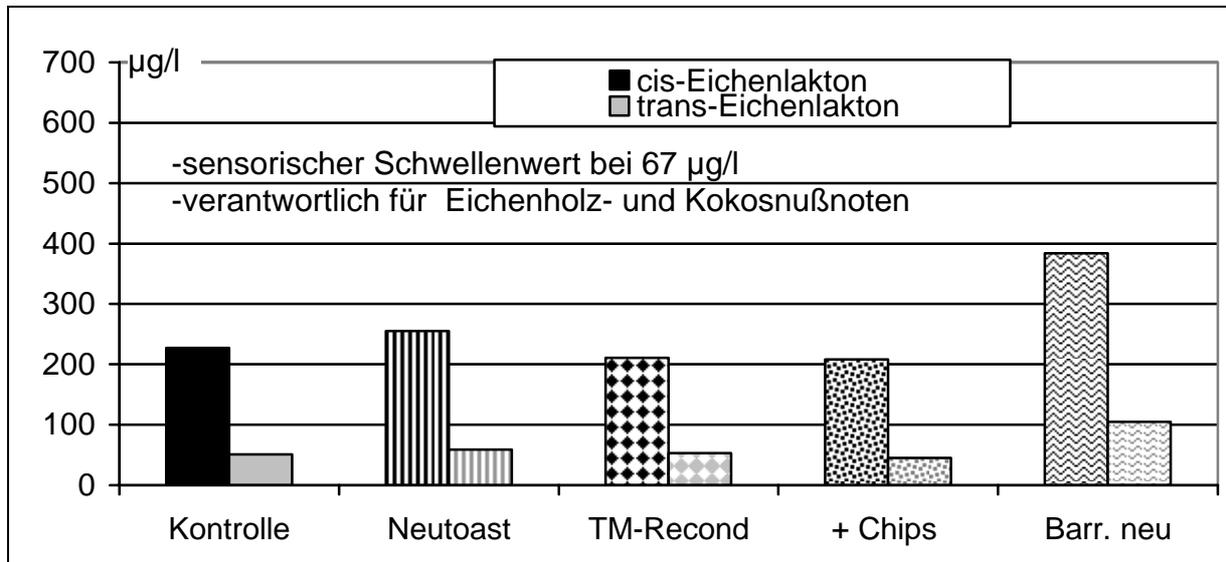


Abb. 14 Cis- und trans-Eichenlacton (in $\mu\text{g/l}$) nach 12-monatiger Lagerung (2005er Spätb.)

Furfural ist das Produkt der Toastung und wird als Indikator des Röst- oder eines Erhitzungsvorganges verwendet. In Barriquefässern ist Furfural für die Rauchnoten und gebrannte Mandeltöne zuständig. Der Geruchsschwellenwert ist mit 20 mg/l recht hoch, doch wirken auch kleinere Mengen im komplexen Aromagebilde der Barriqueweine mit. Erwartungsgemäß bringt das neue Barriquefass den höchsten Furfural-Gehalt in die Weine und bei den vierfach gebrauchten Fässern sind diese alle auf einem sehr geringen, bereits abgebauten Niveau.

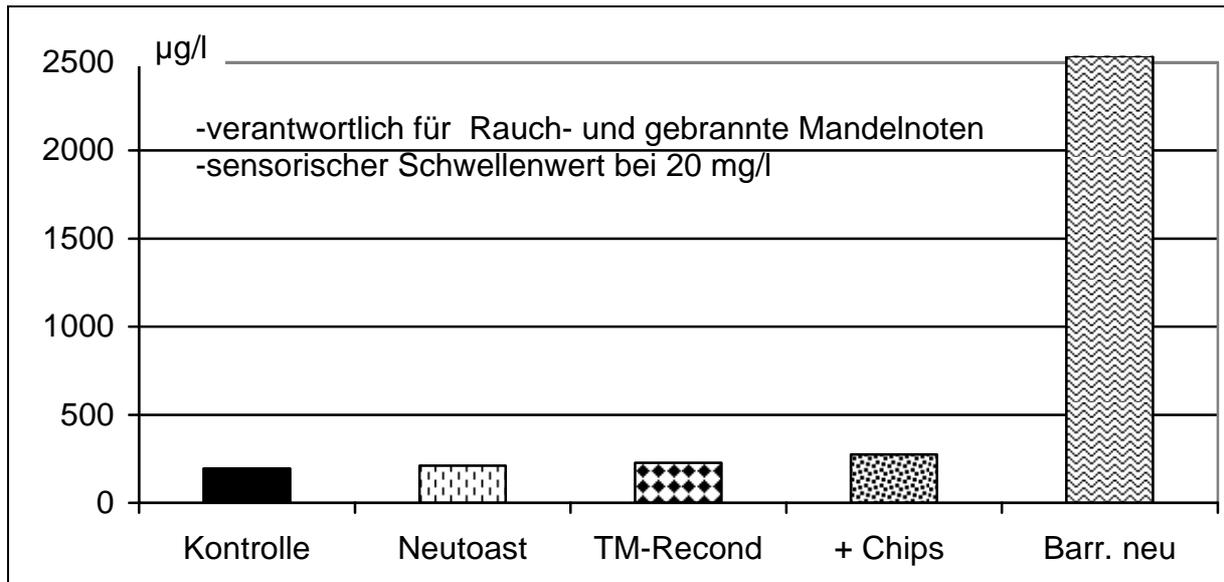


Abb. 15 Furfural (in µg/l) nach 12-monatiger Lagerung (2005er Spätburgunder, SL)

Flüchtige Phenole der Guajacol-Gruppe sind nicht nur für positive Geruchseindrücke bekannt, sondern können auch medizinische-, rauchige-, schweißige Noten erzeugen. Die in Abbildung 6 festgestellten Mengen reichen in allen Varianten nicht zu einer intensiven Prägung des Geruchsbildes, doch können sie die würzigen, rauchigen Eindrücke betonen und intensivieren.

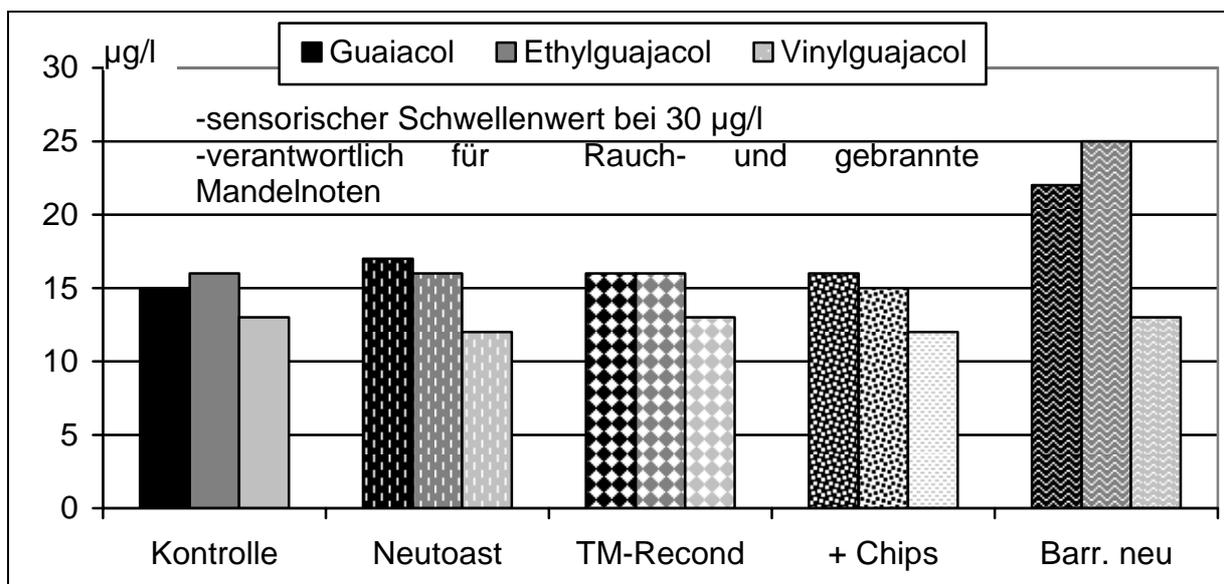


Abb. 16 Guajacol-Verbindungen(in µg/l) nach 12-monatiger Lagerung (2005er Spätburgunder)

5 Sensorische Veränderungen

Betrachtet man nur die Weine aus rekonditionierten Fässern im Vergleich zur Kontrolle (Abb. 19), gibt es bei den meisten Attributen kaum Unterschiede. Im ausgehobelten und neu getoasteten Fass können Vanillenoten und Eichenholz ca. 50 % höhere Intensitäten erreichen, doch alle anderen Eigenschaften sind mit der Kontrolle identisch. Beim Thonhauser Verfahren werden lediglich für Eichenholz und rauchige Noten höhere Werte erreicht, während alle anderen Attribute gleich dem nicht rekonditioniertem Fass sind oder sogar niedriger ausfallen.

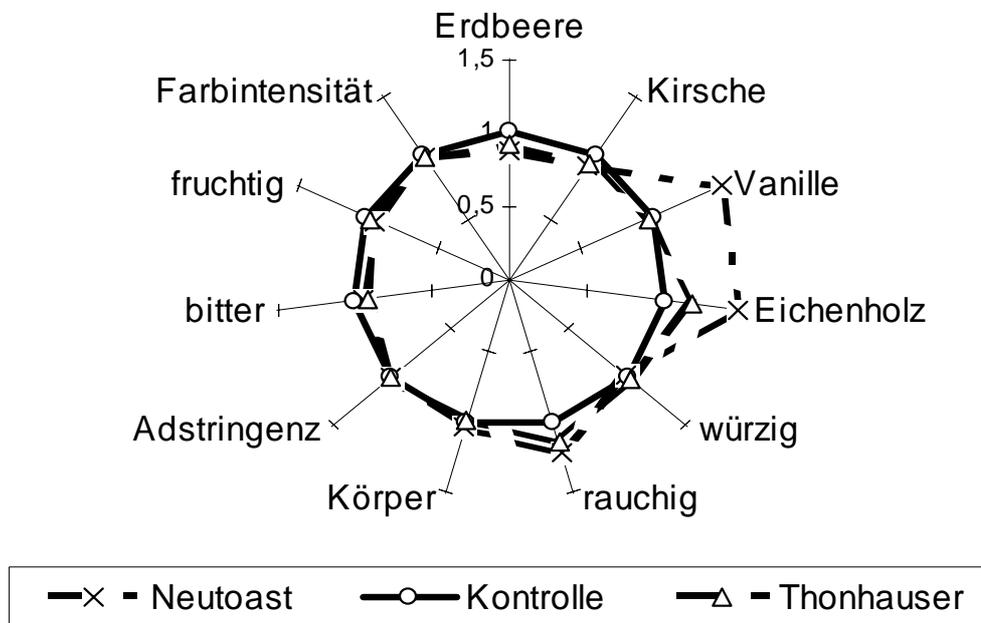


Abb. 17: Vergleichende Sensorik von Weinen aus rekonditionierten Fässern und der Kontrolle aus einer 4. Belegung, 2005er Spätburgunder Rotwein (n = 12, 2 Wdhg)

Deutlich größere Unterschiede in den Geruchs- und Geschmacksintensitäten werden beim Vergleich der Kontrolle und rekonditionierten Fässern zur Chipsbehandlung und zur neuen Barriquelagerung der gleichen Weine erreicht. Zunahmen von 50, 100 oder mehr Prozent gegenüber der Kontrolle sind in vielen Punkten feststellbar. Dazu kommt eine intensive Anhebung von Vanille-, Eichenholz-, würzigen- und rauchigen Noten zusammen mit einem betonten Körpergefühl, der Abnahme von Bitternoten und Adstringenz, die

eindeutig dem Begriff „im Barrique ausgebaut“ entspricht. (Abb. 8). Auffallend sind die niedriger bewerteten Fruchtintensitäten für Erdbeere und Kirsche, die von den höher bewerteten Attributen überlagert werden. Für die Chipsvarianten sind die verwendeten Dosagen ausschlaggebend, inwieweit die Fruchtnoten zurückgedrängt und die Holz- und Würznoten verstärkt werden. Eine Dosierung von 200 g/hl, wie in vorliegendem Beispiel verwendet, scheint eine optimale Menge zu sein, die sowohl den aromatisierenden Effekt, als auch die Fruchtnoten in einem harmonischen Verhältnis zeigen.

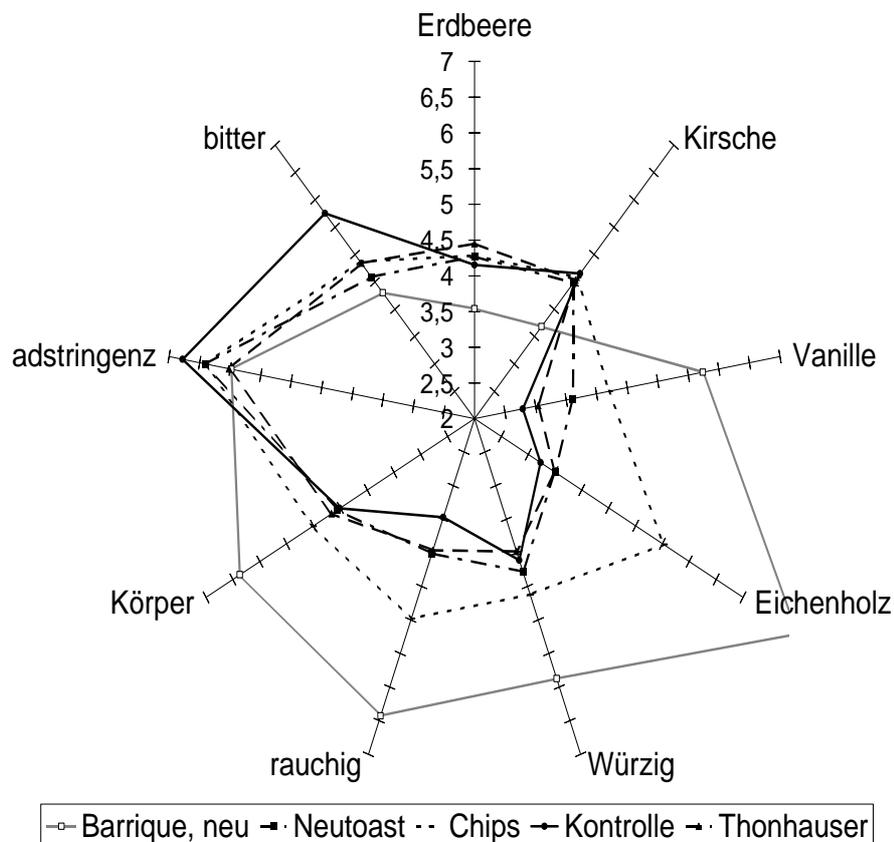


Abb. 18 Beschreibende Sensorik für reconditionierte Barriquefässer im Vergleich zu Chipseinsatz und neuem Barrique bei einem 2005er Spätburgunder (n = 15, 2 Wdhg)

Betrachtet man die Signifikanzen bei 5 %, stellt man fest, dass sich das neue Barrique in den Attributen Körper, rauchig, Vanille, würzig und Eichenholz signifikant von allen anderen Proben unterscheidet. Auch die Chips-Variante, die im gebrauchten Barrique mit Chips dosiert wurde, unterscheidet sich bei einer Signifikanz von 5 % in den Attributen Eichenholz und rauchig von allen anderen Proben. Die reconditionierten Varianten Neutoastung und Thonhauser, sowie die Kontrolle, weisen in mehreren Durchgängen keine

Sensorische Veränderungen

signifikanten Unterschiede auf.

Die Rangfolgeprüfung ergab in mehreren Verkostungspanels, dass die Probe aus dem neuen Barrique von allen Prüfern bevorzugt wurde. Auf Rang zwei lag die Chipsvariante und die Kontrolle kam bei allen Verkostungen auf den letzten Platz.

Die beiden rekonditionierten Varianten Neutoastung und Thonhauser wurden in der Rangfolgeprüfung gleich bewertet, wobei die Neutoastung geringfügig vor dem TM-Recond Verfahren von Thonhauser liegt.

In folgender Tabelle sind die Proben, zur Veranschaulichung, in Gruppen zusammengefasst. Alle Proben derselben Gruppe(n) weisen keinen signifikanten Unterschied auf.

Tab. 8: Rangfolge Verkostung Signifikanz (n=12)

Stichprobe	Häufigkeit	Rang-Summe	Rangmittel	Gruppen	
Barrique neu	24	47	1,96	A	
Neutoast	24	72	3,00	A	B
Chips	24	68	2,83	A	B
Thonhauser	24	76	3,17	A	B
Kontrolle	24	97	4,04	B	

5.1 Quantitativ deskriptive Analyse

Hierzu werden ebenfalls repräsentativ nur die Ergebnisse des Prüferpanels Neustadt herangezogen, da diese aussagefähigere und bessere Rückschlüsse zu den Veränderungen im Wein zulassen.

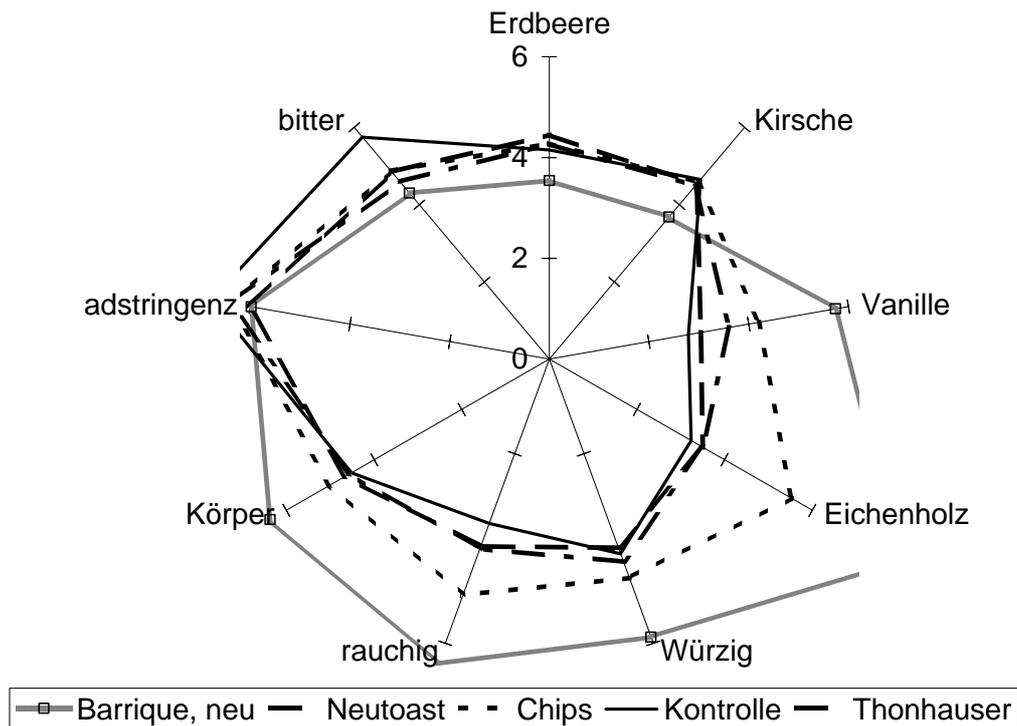


Abbildung 19: Sensorische Auswertung Panel 1, 2 Wh. (n=12)

Bei der QDA des Panels 1 ergaben sich kaum Unterschiede zwischen den Proben Neutoastung, Kontrolle und Thonhauser. Die Kontrolle wurde als etwas bitterer und adstringenter beschrieben, dafür wurde die Kontrolle jedoch auch als etwas weniger rauchig empfunden als die andern Varianten.

Das neue Barrique wird in acht Attributen als abweichend von den obigen drei Proben Neutoastung, Kontrolle und Thonhauser beschrieben. Bei dem neuen Barrique fällt auf, dass die fruchtigen Aromen generell niedriger als bei allen anderen Varianten empfunden werden. Das neue Barrique wird zusätzlich noch mit dem intensivsten Körper beschrieben. Betrachtet man die Signifikanzen bei 5 %, so stellt man fest, dass sich das neue Barrique im Panel 1 in den Attributen Körper, rauchig, Vanille, würzig und Eichenholz signifikant von allen anderen Proben unterscheidet. Auch die Chips-Variante, (altes Barrique + Chips), unterscheidet sich bei einer Signifikanz von 5 % in den Attributen Eichenholz und rauchig von allen anderen Proben. Die rekonduzierten Varianten Neutoastung und Thonhauser, sowie die Kontrolle, welche in einem viertbelegten Barrique lagerte, wiesen in beiden Prüfer-Panels keine signifikanten Unterschiede auf.

5.2 Rangfolge

Die Rangfolgeprüfung ergab in den Prüferpanels, dass die Probe aus dem neuen Barrique von allen Prüfern bevorzugt wurde. Auf Rang zwei lag die Chipsvariante. Die Kontrolle wurde in allen Panels auf den letzten Platz gewählt.

Die beiden rekonditionierten Varianten Neutoastung und Thonhauser wurden gleich in der Rangfolgeprüfung bewertet, wobei jedoch die Neutoastung geringfügig vor Thonhauser liegt. Dies geht auch aus Abbildung 20 hervor.

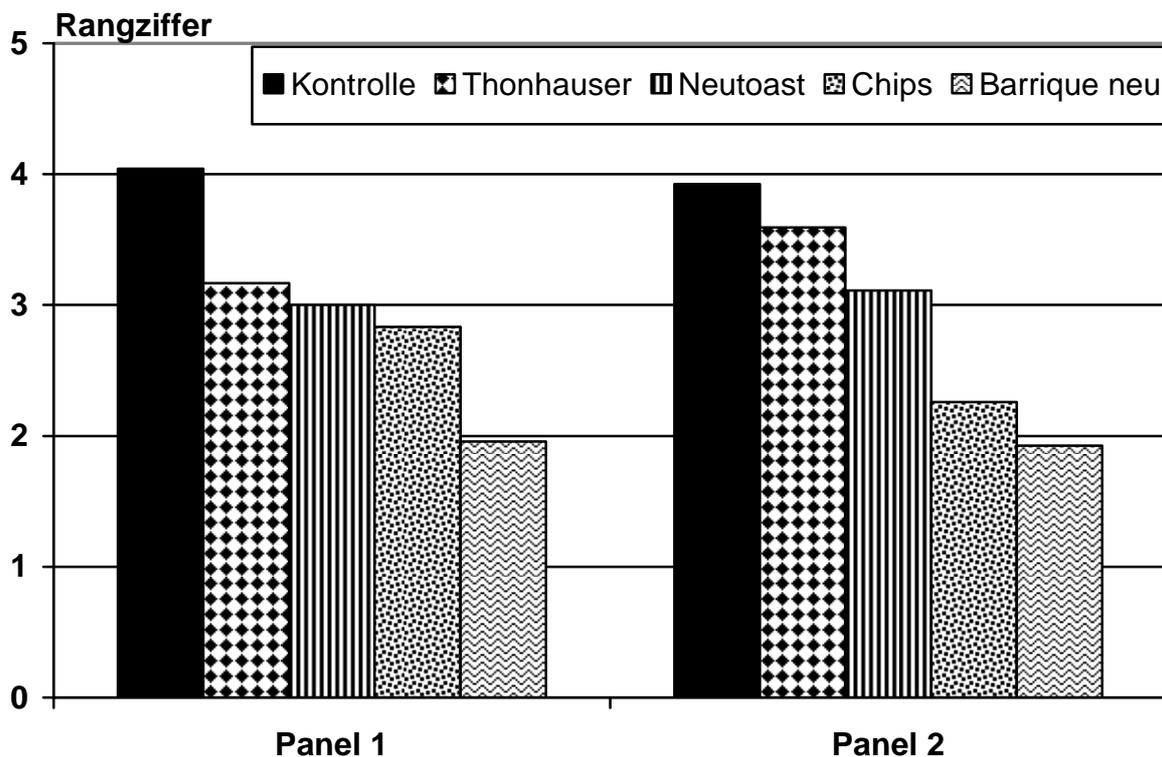


Abbildung 20: Die Rangziffern im Vergleich

Bei der Betrachtung der Signifikanzen sieht das Ergebnis etwas uneinheitlicher aus. Bei einem Signifikanzniveau von 5% kann man beim Panel 1 nur bei Proben Barrique neu und der Kontrolle einen Unterschied feststellen. Bei alle anderen Proben liegen keine signifikanten Unterschiede vor.

In den beiden Tabellen 9 und 10 sind zur Veranschaulichung die Proben in Gruppen zusammengefasst. Wenn eine Probe nur einer Gruppe zugeordnet ist, dann unterscheidet sie sich signifikant von den Proben einer anderen Gruppe. Alle Proben derselben Gruppe(n) weisen keinen signifikanten Unterschied auf.

Tabelle 9: Rangfolge Panel 2 Signifikanz (n=27)

Stichprobe	Häufigkeit	Rang-Summe	Rangmittel	Gruppen	
Barrique neu	27	52,500	1,944	A	
Chips	27	61,500	2,278	A	
Neutoastung	27	84,500	3,130	A	B
Thonhauser	27	98,500	3,648	B	
Kontrolle	27	108,000	4,000	B	

Tabelle 10: Rangfolge Panel 1 Signifikanz (n=12)

Stichprobe	Häufigkeit	Rang-Summe	Rangmittel	Gruppen	
Barrique neu	24	47	1,96	A	
Neutoast	24	72	3,00	A	B
Chips	24	68	2,83	A	B
Thonhauser	24	76	3,17	A	B
Kontroller	24	97	4,04	B	

Beim Panel 2 hingegen kann man einen signifikanten Unterschied zwischen den Proben Barrique neu und Chips zur Kontrolle und Thonhauser aufzeigen, Proben Barrique neu und Chips liegen in derselben Signifikanzgruppe, wie auch die Kontrolle und Thonhauser in einer Gruppe liegen, Neutoast hingegen liegt in beiden Gruppen, wie man aus Tabelle entnehmen kann, in unterschiedlichen Gruppen.

6 Mikrobiologie

In gebrauchten Holzfässern und auch Barriques ist die mikrobiologische Sauberkeit der Behälter für die Wiederbelegung mit Wein äußerst wichtig. Bei den vielen Gebraucht fässern in den Kellereien sind auch die Probleme mit unerwünschten Mikroorganismen größer geworden und es reicht ein einziges Fass mit einem fehlerhaften Wein, um eine ganze Partie zu verunreinigen und zur Ablehnung bei der Prüfkommision oder beim Kunden zu führen.

Beim Vergleich verschiedener Rekonditionierungsverfahren war es daher wichtig die Mikrobiologie während dem Weinausbau zu kontrollieren und festzustellen, welches System die besten Ergebnisse in dieser Hinsicht bringt.

Mikrobiologie

In allen Proben wurden unterschiedliche Gehalte an Mikroorganismen gefunden. Diese wurden mittels ihrer Morphologie unter dem Mikroskop identifiziert. Zu diesem Zweck wurden Hefen in Reinkultur gezogen, welche als Vergleich dienten, auch wurden mikroskopische Aufnahmen und Bilder von Kolonieformen aus Fachliteratur zu Rate gezogen.

6.1 Hefetypen

Die mikroskopischen Aufnahmen in 400-facher Vergrößerung ließen Hefen und Bakterien erkennen, die entweder normal und ungefährlich für die Weinqualität, oder problematisch hätten werden können. Dafür musste man auch die unterschiedlichen Methoden zur Bebrütung und des Auszählens unter dem Mikroskop einsetzen.

Aufgrund der Morphologie konnten mit hoher Wahrscheinlichkeit *Saccharomyces cerevisiae*-Hefen in allen Varianten identifiziert werden. Aufgrund ihrer runden, leicht elyptischen Form und ihrer Größe war diese Bestimmung relativ einfach durchzuführen. Außer *Saccharomyces cerevisiae* wurden noch andere Hefen gefunden. Unter anderem die *Candida vini* in allen Cuvée-Varianten, die anhand von Vergleichen mit einer mikroskopischen Aufnahme von *Candida vini* in Reinkultur bestätigt werden konnte.

Einzelne mikroskopische Aufnahmen führten zu einem Verdacht auf *Brettanomyces bruxellensis*. In isolierten Kolonien mit runden Zellen, mit Sicherheit *Saccharomyces cerevisiae*, werden längliche Zellen in den Aufnahmen festgestellt, die morphologische Ähnlichkeiten zu *Brettanomyces bruxellensis* aufweisen. Die Aufnahme entstand aus einer Probe, die aus der Kontrolle entnommen wurde.

Zum Vergleich und Bestätigung wurde eine Reinkultur von *Brettanomyces bruxellensis* angesetzt und anschließend mikroskopiert. Interessanterweise wurden *Brettanomyces*-Zellen nur in der Kontrollvariante entdeckt, wo bis zur vierten Belegung keine Säuberung oder zumindest Beseitigung der Oberflächenschicht von den Dauben vorgenommen wurde. Bei größerem Zellbesatz pro ml Wein können die gefürchteten Schweißnoten und Stallgeruch entstehen, die bei den meisten Verbrauchern zur Ablehnung des Weines führen.

Eine Übersicht zu den gefundenen Koloniebildenden-Mikroorganismen auf 100 ml bezogen ist in Abbildung 29 dargestellt. Hierbei wird klar wie wichtig eine Rekonditionierung von gebrauchten Barriquefässern ist, um die Zahl der Mikroorganismen

bis unter die Schadgrenze zu reduzieren und einwandfreie Weine auszubauen. Beste Ergebnisse erzielt man mit der chemischen Aufbereitung nach Thonhauser und einem aufwändigen Innendaubenabhobeln und Neutoasten der Fässer. Die festgestellten Mikroorganismen sind insgesamt noch unter einer Schadgrenze, doch sind deren Kolonien in nicht behandelten Fässern um ein Vielfaches erhöht und könnten bei günstigen Bedingungen schnell zunehmen und zu Problemen führen.

6.2 Hefezahlen

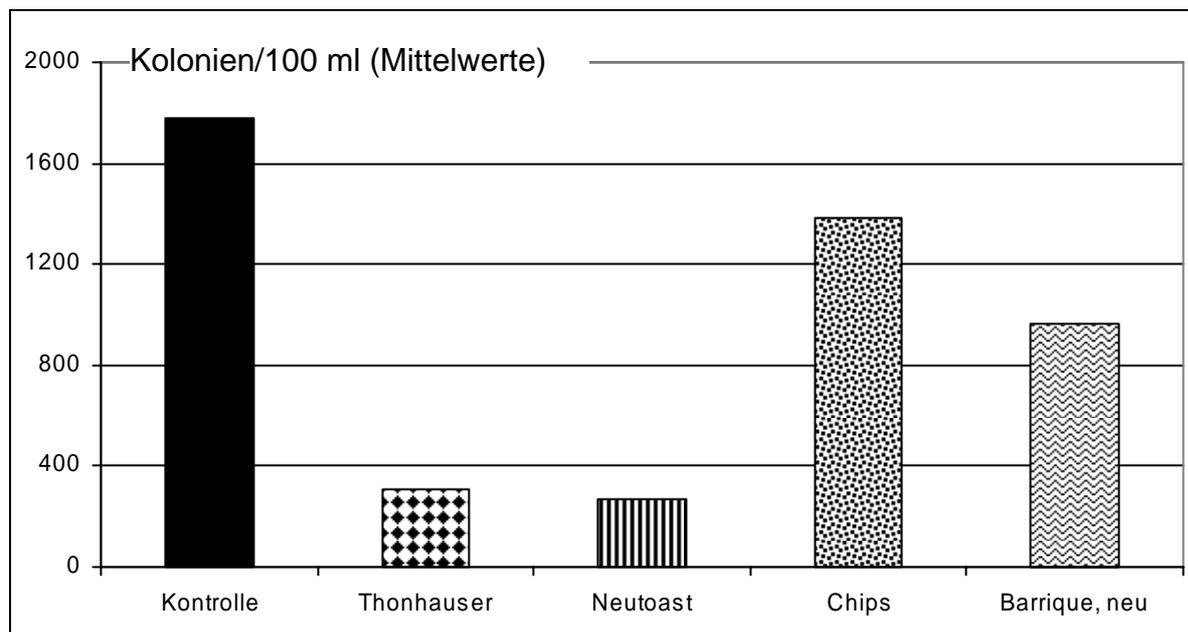


Abb. 21 Mittelwerte der identifizierten Hefekolonien in 100 ml der Versuchsweinen

7 Zusammenfassung

7.1 Analytische Werte

Alle Werte der Analytik wurden in Doppelbestimmung der Wiederholungen ermittelt. Alkohol, Zucker und Säurespektrum weisen keine nennenswerten Unterschiede auf, die Werte liegen alle in der Messtoleranz der Methoden. Diese Ergebnisse waren jedoch zu erwarten, da es sich bei den untersuchten Proben um denselben Wein handelte. Größere Veränderungen des Säurespektrums und des Alkohols oder der Zuckerwerte sind bei der Lagerung im Barrique unter normalen Umständen nicht zu erwarten. Jegliche Veränderung in diesen Werten sind hauptsächlich auf die Aktivität von Mikroorganismen

Zusammenfassung

zurückzuführen.

Die Anthocyanenspektren wiesen dagegen Unterschiede auf. Bei wiederholten Messterminen wurde die Standardabweichung der Werte auf ein Mindestmaß gesenkt, was die Werte sehr aussagekräftig macht.

Der Gehalt von monomeren Anthocyanen ist beim neuen Barrique am geringsten und bei der Kontrolle am höchsten. Dies erscheint auf den ersten Blick unlogisch, wenn man aber diese Tatsache weiter verfolgt, lässt es zu dem Schluss kommen, dass die Anthocyane im neuen Barrique am besten polymerisiert werden und somit einen stabileren Rotwein ergeben.

Was weiterhin auffällt, ist, dass die Gehalte an monomeren Anthocyanen von der Fassbefüllung bis zur Flaschenfüllung durchweg gefallen sind, von ca. 250 mg auf ungefähr 210 mg im Mittel. Dabei spielt die Polymerisation der Anthocyane eine große Rolle, welche bei den neuen Barriquevarianten am schnellsten vorstatten geht.

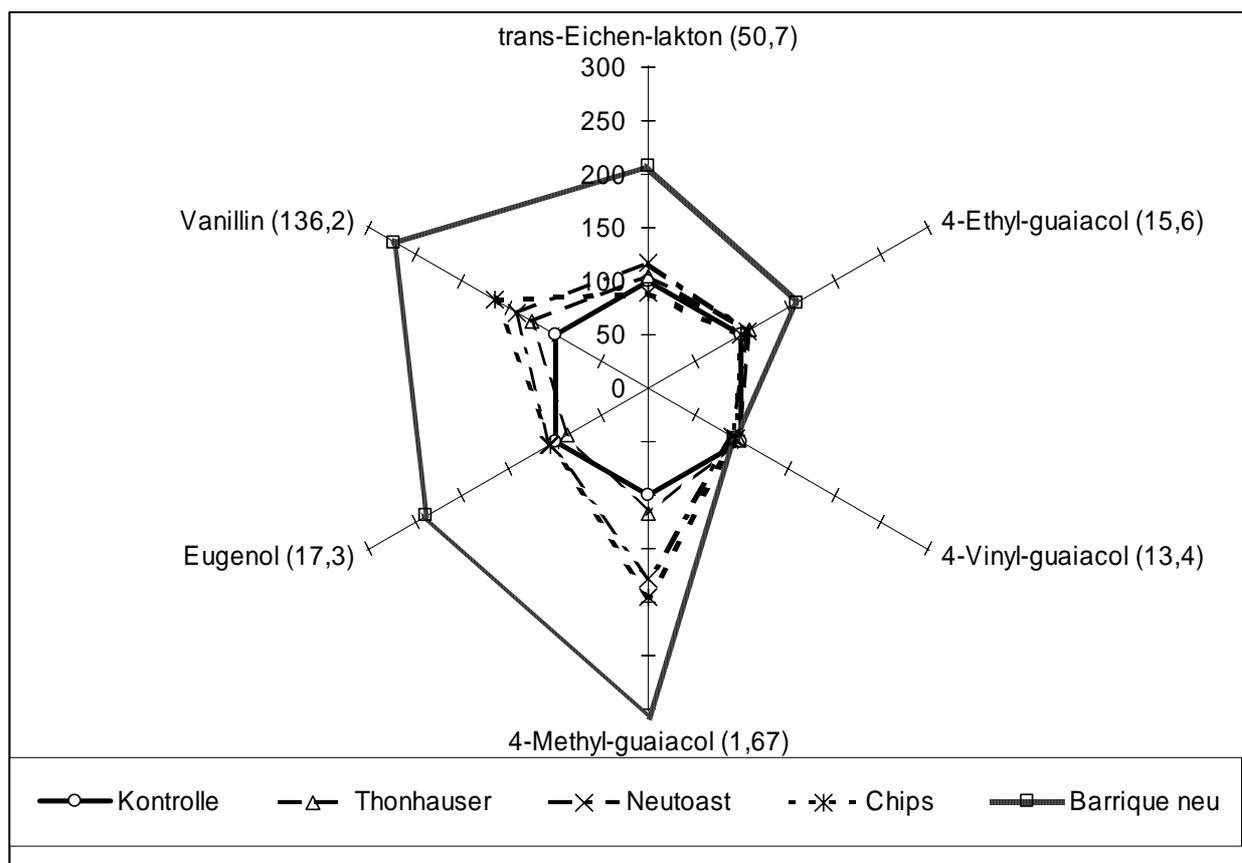


Abbildung 22 : Messung des Anthocyanenspektrums im Juli 2006

Betrachtet man Abbildung 22 und vergleicht diese mit Tab. so fällt auf, dass die Werte,

welche für den Eichenholzton, das Eichenlaktol, und für die würzigen und rauchigen Aromen zuständig sind auch in der Messung des GC erhöht sind. Die GC Ergebnisse untermauern die Ergebnisse der Sensorik.

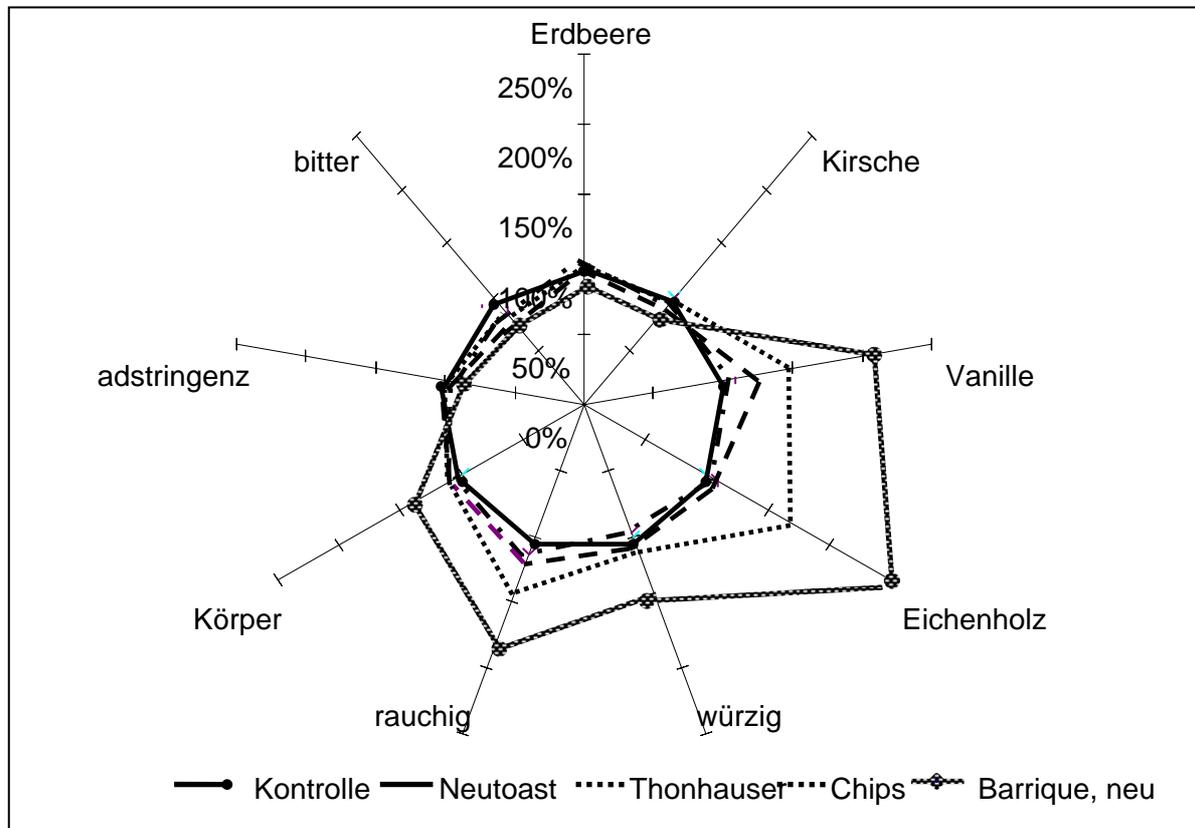


Abbildung 23: Prozentuale Veränderung der Aromen des Prüferpanels I (n=12)

Vinylguaiacol, Ethylguaiacol sowie Eugenol sind für den rauchigen Eindruck in der Sensorik verantwortlich. Was auffällt ist, dass es kaum einen Unterschied beim Vinylguaiacolgehalt der Proben gibt, was jedoch auch daran liegt, dass dieser Wert unterhalb der Bestimmungsgrenze liegt. Ähnliches gilt für den Wert für Ethylguaiacol, wobei einzig der Wert für Neues Barrique oberhalb der Bestimmungsgrenze lag.

Vanillin, das für eine würzig-aromatische Barriquenote verantwortlich ist, wird im neuen Barriquefass und den Chipsvarianten am höchsten, danach in den Weinen aus rekonditionierten Fässern in erhöhter Intensität festgestellt. Die Kontroll-Weine landen durchgehend auf dem letzten Intensitätsrang für Vanillin.

Betrachtet man sich die Entwicklung der Gehalte an flüchtigen, phenolischen Verbindungen in der Extraktionszeit Juli 2006 bis Februar 2007 so fällt auf, dass sich die

Zusammenfassung

Werte von Vanillin, Eugenol, den Eichenlaktonen, Syringaldehyd und Ethylphenol, erheblich erhöht haben. Hier liegt das neue Barrique bei allen Werten an der Spitze der Zunahme. Alle anderen Varianten liegen auf einem ähnlichen Niveau, außer den Chips die bei Vanillin den meisten Zuwachs nach dem neuen Barrique hatten. Wie erwartet, hatte die Kontrolle bei den meisten aromatischen Stoffen die geringste Zunahme. Thonhauser liegt nur geringfügig über der Kontrolle bei den Gesamtzunahmen, was sowohl an dem schon fortgeschrittenen Extraktionsprozess durch vier Belegungen als auch an der zusätzlichen chemischen Behandlung der inneren Fassoberfläche liegt.

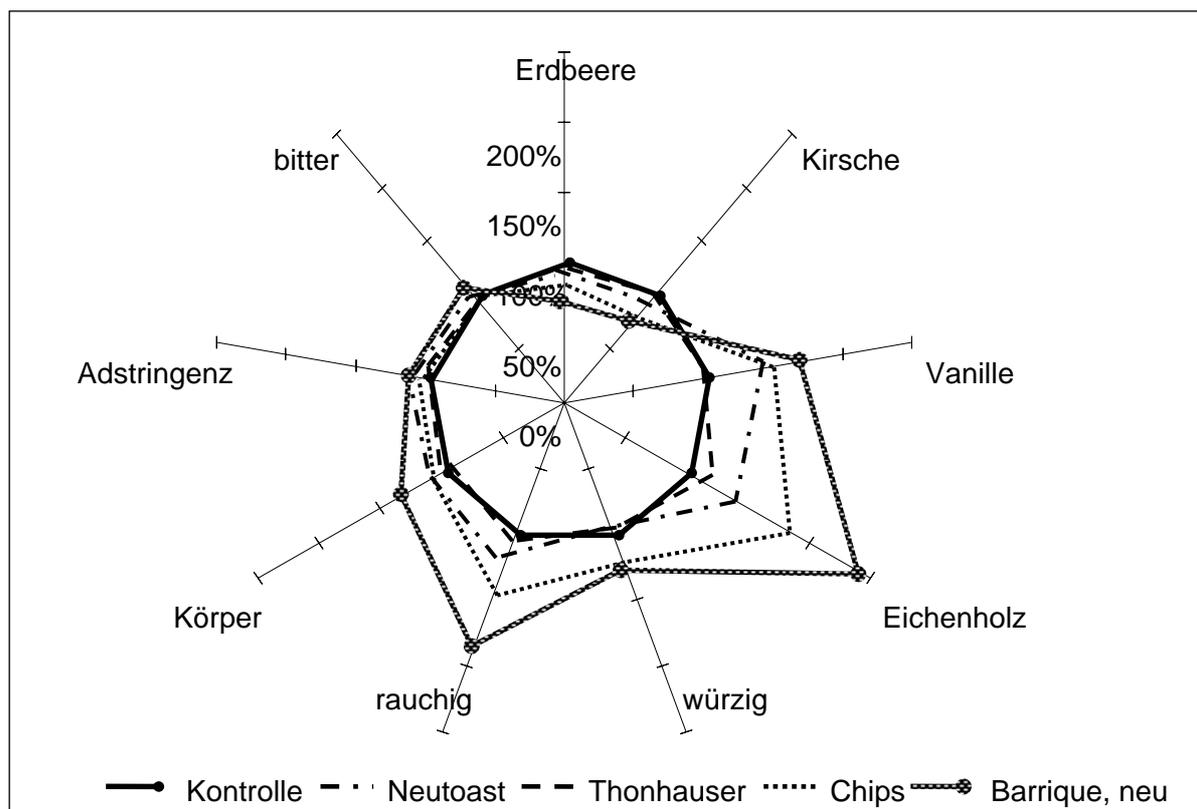


Abbildung 24 : Prozentuale Veränderung der Aromen des Prüferpanels II (n=31)

Eine Ausnahme bilden Furfural und Guaiacol. Guaiacol bleibt während der Lagerung unverändert, wohingegen bei Furfural das neue Barrique eine Zunahme von 1300 µg/l aufweist und bei der Kontrolle der Furfural-Gehalt im gleichen Zeitraum eine Abnahme um 111 µg/l verzeichnet.

Bei den Farbwerten stellt man deutliche Unterschiede zwischen den Varianten fest, wobei die Variante im neuen Barrique die höchste Farbtintensität, gefolgt von der Neutoast-Variante aufweisen. Danach folgen Chips-, Kontrolle- und Thonhauser-Variante. Dieser

Effekt liegt an der stärkeren Polymerisation der Anthocyane im neuen Barrique. Wenn man sich den Trend betrachtet, fällt eine Verbindung zwischen den Anthocyanenspektren auf, die im Verhältnis der monomeren zu schon polymerisierten Anthocyanen gefunden wird. Thonhauser, Chips und die Kontrolle zeichnen sich durch ähnliche Gehalte an Anthocyanen auf, wohingegen Barrique neu und die Neutoastung etwas geringere Gehalte enthalten. Der geringere Gehalt an monomeren Anthocyanen lässt darauf schließen, dass mehr Anthocyane polymerisiert wurden während der Lagerung, und somit die Farbwirkung stabilisiert und intensiviert wird. Daraus lässt sich auch schließen, dass das neue Barrique für die Farbstabilität am besten ist, gefolgt von der Neutoastung. Die Varianten im alten Barrique als Kontrolle und auch die Variante im alten Barrique mit Chips liegen gleich auf. Die Thonhauser Variante belegt in dieser Untersuchung den letzten Platz, nicht weit unter den Varianten Chips und Kontrolle.

Die Gesamtphenolgehalte wiesen keine wirklich nennenswerten Unterschiede auf. Die von Hand gemessenen Werte nach SINGLETON UND ROSSI korrelieren sehr gut mit den Werten, welche mittels Konelab erzeugt wurden.

Die geringen Unterschiede der Gesamtphenolgehalte beruhen darauf, dass sich an den großen Bestandteilen der Phenole während der Lagerung im Barrique generell nichts am Gehalt ändert. Es werden lediglich bei der Lagerung monomere Phenole bzw. monomere phenolische Verbindungen polymerisiert und damit stabilisiert. Die aromaaktiven Komponenten, welche aus dem Eichenholz in den Wein übergehen, treten in solch geringen Konzentrationen auf, dass sie bei den angewandten Messmethoden nicht ins Gewicht fallen.

Die wiederholt gemessenen Werte für Dichte, Alkohol, Gesamtsäure, Restsüße und flüchtige Säure weisen keine großen Unterschiede auf, sie befinden sich im Bereich der Messtoleranz der Methode. Die meisten Bestimmungen erfolgten über die neue FTIR-Methode von Foss, doch wurden die Werte durch zugelassenen Referenzmethoden bestätigt. Es fällt auf, dass der Alkoholgehalt der Cuvées, welche nach acht Monaten Lagerzeit im Barrique durchschnittlich um 3-4 g/l in den Einzelvarianten niedriger liegen. Diese Abnahme ist eindeutig auf die Verdunstung des Alkohols aus den Fässern zurückzuführen.

7.2 Sensorische Analyse

Die Sensorik ergab wie zu erwarten die besten und auch deutlichsten Ergebnisse. So wurden dafür zwei voneinander unabhängige Prüferpanels eingesetzt. Die Werte der beiden Prüferpanels bestätigen sich gegenseitig. So lässt sich mit hoher Wahrscheinlichkeit sagen, dass die Variante Barrique neu die signifikant unterscheidbare Variante in diesem Versuch war und auch in den Rangfolgeprüfungen immer auf Rang 1 landete. Der sensorische Eindruck der Chips-Variante war durchschnittlich auf Rang 2 zu sehen.

Die Hauptunterscheidungskriterien der Proben lagen in den spezifischen Attributen Eichenholz, würzig, rauchig und Körper auch die anderen ausgewählten Attribute erwiesen sich als geeignet zur Untersuchung der Auswirkungen der Rekonditionierung. So wurden die Proben mit hohem Barriqueeinfluss als weniger fruchtig beschrieben. Die Ergebnisse der Farbwert- und Farbtintensitätsbestimmung wurden von den Prüferpanels, wenn diese als zusätzliche Attribute abgefragt wurden, bestätigt.

In der statistischen Auswertung der Ergebnisse hebt sich nur die Variante „Neues Barrique“ signifikant von den anderen Proben ab. Alle anderen Proben wurden nicht signifikant anders beschrieben. Die abgefragte Rangfolge ergab im Mittelwert, Barrique neu auf Platz 1, Chips auf Platz 2 gefolgt von Neutoastung auf Platz 3 und Thonhauser auf Platz 4, die Kontrolle war bei allen Panels auf Platz 5 festgelegt.

7.3 Mikrobiologische Ergebnisse

Die mikrobiologischen Untersuchungen zeigten auf, dass es einen gewissen Trend in der Keimbelastung der Versuche gab, jedoch konnte dieser in der Zeit, in welcher die Untersuchungen durchgeführt wurden nicht 100 %ig gesichert werden.

Der Trend sagt jedoch aus, dass die rekonditionierten Barriquefässer tatsächlich weniger Keime enthalten als die unbehandelten. Die Barriques, welche in der vierten Belegung waren, wiesen höhere Keimzahlen auf als das neue Barrique. Die höchsten Keimzahlen fanden sich bei der Kontrolle, die Chipsvariante lag etwas darunter. Die Mittelwerte wurden aus je zwei bebrüteten NKS pro Probe ermittelt.

Bei der Identifizierung der gefundenen Hefen konnten die Arten durch Vergleich mit Reinkulturen identifiziert werden. Die meisten gefundenen Hefen sind mit hoher

Wahrscheinlichkeit Hefen der Gattung *Saccharomyces cerevisiae*. In einzelnen Proben, der Cuvées fanden sich bei der Untersuchung kurz vor der Abfüllung eine große Anzahl Hefen, welche mit hoher Wahrscheinlichkeit zur Gattung *Candida vini* gehörten. Diese Hefe waren scheinbar eine Verschmutzung, während des Cuvée erstellens, es konnte jedoch nicht nachvollzogen werden, wo sie genau her kamen. Auch in späteren Kontrollversuchen mit den fertig geschwefelten und abgefüllten Cuvées konnte lediglich in einer Probe noch diese Hefen vorgefunden werden. Ein Verdacht auf *Brettanomyces* konnte, trotz umfangreicher Bestimmungen nicht bestätigt werden,. Dieser *Brettanomyces*-Verdacht kam bei einer der Kontroll-Varianten im alten Barriquefass auf. Die zur Untersuchung an die Biologieabteilung der UNI Mainz geschickten Weinproben konnten diesen ersten Verdacht auch nicht bestätigen. Es hätten Holzproben zur Kontrolle entnommen und untersucht werden müssen. Gerade an diesem Punkte besteht noch Nachholbedarf, wie sich die Hefen zwischen Wein und Holz verteilen, und ob im Holz dieselben Hefegattungen vorkommen wie im Wein.

8 Fazit

Als abschließendes Fazit aus den Versuchen bleibt zu sagen, dass die Unterschiede, welche sensorisch doch bei manchen Varianten dieses Versuchs bestanden haben, mit den meisten analytischen Verfahren nicht reproduzierbar waren.

Die chemische Struktur des Weines scheint sich durch die Lagerung in den verschiedenen Barriques nicht so stark zu verändern, als das man mit den verwendeten analytischen Messmethoden, wie z.B. FTIR oder der Referenzanalytik einen Unterschied zwischen den verschiedenen Proben feststellen könnte. Hier bleibt als einziges „Messmittel“ der Mensch übrig.

Die Versuchsvarianten an sich haben sich nicht sonderlich in ihrer Analytik, dafür aber in ihrer Sensorik unterschieden, auch die mikrobiologischen Untersuchungen brachten Unterschiede, welche aber leider nicht zu 100 % gesichert werden konnten. So gibt es tatsächlich Unterschiede zwischen rekonditionierten und neuen Barriques und auch der Unterschied zwischen den Weinen mit Chipszusatz zu den neuen Barriques bestand. In der Sensorik wurden die Weine aus dem neuen Barrique denen aus den rekonditionierten

Fazit

Barriques vorgezogen, auch bevorzugten die Prüfer die Chips-Variante an zweiter Stelle nach den neuen Barriques.

Nun stellt sich jedoch die Kostenfrage: Macht es Sinn, wenn man mit dem Einsatz von 8-15 €/kg für die Chips den von den Prüfern bevorzugten Wein erzeugen kann, wirklich 98 € pro Fass in die Neutoastung oder 30 € pro Fass für die Rekonditionierung nach Thonhauser zu investieren? Hinzu kommt, es muss die Neutoastung nach drei Belegungen wieder erneuert werden und die Thonhauser-Methode erneuert ja nicht die Toastung, sondern reinigt sie nur, d.h. nach ein bis zwei Wiederholungen der Anwendung ist die Toastung des Fasses ausgelaugt und es muss entweder neu getoastet werden oder ein neues Fass gekauft werden. Auch bietet nicht jede Küferei den Service der Neutoastung von gebrauchten Barriques an.

Man sollte aus diesen Gründen sagen, dass die Rekonditionierung, egal ob nun Neutoastung oder die chemische Aufbereitung, eine Option bleiben wird, aber der Einsatz von Chips erzeugt die schöneren Weine und ist darüber hinaus auch auf Dauer billiger. Jedoch stellt die Rekonditionierung die einzige Möglichkeit dar, um einen Wein auch als „Barrique“, bzw. als „im Barrique gereift“ bezeichnen zu dürfen. Dies darf man beim Chipseinsatz explizit nicht mehr [28]. Also bleibt abzuwägen, welche Forderungen man an sein späteres Produkt stellt, soll es lediglich ein schmackhafter Wein sein, der nicht explizit als Barrique verkauft werden, jedoch die Art eines Barriqueweines haben soll, ist die Chipsung nach dieser Diplomarbeit vorzuziehen. Soll jedoch aus den Barriquefässern ein Barriquewein werden, muss man sie aufarbeiten lassen, was dann wiederum mehr Sinn macht, als ein neues Fass für 500-700 € zu kaufen.

Aus der Mikrobiologie ging hervor, dass die rekonditionierten Proben tatsächlich verringerte Keimzahlen aufwiesen. Auch waren die gefundenen Saccharomyces-Hefen zu erwarten, selbst das Auftreten von Candida-Hefen war nicht unerwartet. Was nicht erwartet auftrat, war der Verdacht auf Brettanomyces, auch wenn er nicht bestätigt werden konnte. Die ersten beiden Hefearten sind Teil der natürlichen Kellerumgebung. Brettanomyces ist eine Hefeart, welche sich langsam aufgrund der steigenden Temperaturen und des steigenden Aufkommens von Barriquefässern wohl über kurz oder lang bei uns in den Kellern etablieren wird. Gerade in dieser Richtung herrscht noch Forschungsbedarf. Aufgrund der Möglichkeiten am DLR, welche während der Diplomarbeit

stark erweitert wurden, war es nicht möglich, direkte Proben aus dem Holz zu untersuchen, hier hält sich *Brettanomyces* bevorzugt auf. Es wurden im Endeffekt nur die Keime bestimmt, welche zufällig zu dem Zeitpunkt der Probenentnahme am Entnahmeort waren, egal ob sie nun aus dem Wein oder dem Fass selber stammten. Hier bliebe noch Spielraum für weitere Untersuchungen zwischen den Keimzahlen im Wein und denen des Holzes. Dadurch ließe sich ein genaueres Bild über die mikrobiologischen Gegebenheiten in den Barriques zeichnen.

Die Aussage, dass die rekonditionierten Barriquefässer wirklich niedrigere Keimzahlen aufweisen, konnte unter Vorbehalt bestätigt werden. Tatsächlich wiesen die rekonditionierten Varianten den niedrigsten Gehalt an Kolonie bildenden Keimen auf. Auch das neue Barrique lag im Vergleich zu den gebrauchten Barriques der Kontroll- und der Chipsvariante klar im Vorteil. Was auffiel war, dass es scheinbar keinen Unterschied gemacht hat, ob nun die Rekonditionierung mittels Thonhauser-Verfahren oder der Neutoastung erfolgte. Beide Varianten lagen auf demselben Niveau.

Was noch abzuklären bleibt, ist, welchen Einfluss die Neutoastung direkt auf den Wein hat, da ja offensichtlich die Neutoastungsvariante sich von einem neuen Barrique unterscheidet, was jedoch theoretisch gesehen unlogisch ist. Jedoch ergibt sich in der Praxis das Problem, dass das Holz immer noch Reststoffe aus dem Wein enthält, und dies auch nach dem Trocknen und Aushobeln. Hier stellt sich die Frage, welche Verbindungen dabei entstehen.

Diese Untersuchung konnte einige Sachverhalte aufdecken und einige Fragen klären.

Die Rekonditionierung gebrauchter Barriquefässer wird auch in Zukunft eine Rolle spielen, da die Rohstoffquelle Eichenholz nicht unendlich zur Verfügung steht und dadurch eine verlängerte Verwendung der Fässer eine sinnvolle Alternative darstellt.

Der technische Fortschritt wird auch auf diesem Gebiet Entwicklungen bringen, die eine Optimierung der Rekonditionierungsverfahren zulassen und auch die Wirtschaftlichkeit der Methoden einen durchgängigen Einsatz möglich machen.

9 Literaturverzeichnis

1. Maurer, R. : Weinausbau im Oxhoft/Barrique, Rebe & Wein Nr. 10 Oktober 1991
2. Chatonnet, P. et al. : Comparative Study of the Characteristics of American white oak and European oak for Production of Barrels used in Barrel aging of wines, American Journal of Enologie and viticulture Vol. 49, 19 -85 1998
3. Thonhauser M. : Barriquefässer richtig rekonditionieren, Internet: <http://www.thonhauser.net/pdf/newsletter2002.pdf>, 2002
4. Schlegel, H. G. et al. : Allgemeine Mikrobiologie, 6. Auflage, Georg Thieme Verlag Stuttgart, 1985
5. Dittrich, H. H. et al. : Mikrobiologie des Weines, 3. Auflage, Ulmer Verlag, 2005
6. Dittrich, H. H. et al. : Mikrobiologie des Weines, 2. Auflage, Ulmer Verlag, 1987
7. Boulton, R. B. et al. : Principles and Practise of Winemaking, Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York, 1996
8. Gottwald, W. : RP-HPLC für Anwender, VCH Verlagsgesellschaft, 1993
9. Dutruc-Rosset, G. : Resolution oeno 22/2003, Office International de la Vigne et du Vin, 2003
10. Sartorius, a : Unterlagen für die Validierung Nährkartonscheiben, Sartorius AG
11. Couto, J. A. et al., a : A simple cultural method for the presumptive detection of yeasts Brettanomyces/Dekkera in wines, Letters in Applied Microbiologie, 41, 505-510, 2005
12. Fischer, Dr. U. : Wein-Sensorik-Seminar "Sensorik – ein Beitrag zur Objektivierung von Weinqualität", DLR Rheinpfalz, 1999

13. Ferreira, V. et al. : Physicochemical Model to Interpret the Kinetics of Aroma Extraction during Wine Aging in Mood. Model Limitations Suggested the Necessary Existence of Biochemical Processes, Journal of Agricultural and Food Chemistry, No 54, 3047-3054, 2006
14. Liptay-Reuter, I. et al. : Sensorische Methoden und ihre statistische Auswertung, Verlag für Nahrung, Gesundheit und Vitalität, 1998
15. Würdig, G. et al. : Chemie des Weines, Verlag Eugen Ulmer, 1989
16. Belitz, H.-D. et al. : Lehrbuch der Lebensmittelchemie, SpringerVerlag, 4. Auflage, 1992
17. Pérez-Prieto, L. J. et al. : Extraction and Formation Dynamic of Oak-Related Volatile Compounds from Different Volume Barrels to Wine and Their Behavior during Bottle Storage, Journal of Agricultural and Food Chemistry, Nr. 51, 5444-5449, 2003
18. Aiken, J. W. et al. : Composition and sensory properties of Cabernet Sauvignon wine aged in French versus American oak barrels, Vitis, Nr. 23, 27-36, 1984
19. Puech J.-L. et al. : Analysis by HPLC, GC-MS and GC-sniffing of extracts from American oak (*Quercus alba*) cooperage, Presented in part at the 48th Annual Meeting of the American Society of Enology and Viticulture, San Diego, CA. (1997), publication 1999
20. Beyer H., et al. : Lehrbuch der organischen Chemie, S. Hirzel Verlag Stuttgart, 22. Auflage, 1991
21. Holbach B., et al. : Bedeutung der Shikimisäure und des Anthocyanpektrums für die Charakterisierung von Rebsorten, Lebensmittelchemie, Nr. 55, 32 – 34, 2001
22. Foss : Betriebsanweisung WineScan FT120, 3. Ausgabe, September 2000
23. Moebius, H. et al. : Polyphenolbestimmung für die Praxis, Die Weinwissenschaft, Nr. 29, 241-253, 1974
24. Rodriguez, N. et al. : Development and use of a new medium to detect yeasts of the genera *Dekkera*/*Brettanomyces*, Journal of Applied Microbiology, Nr. 90, 588-599,

Literaturverzeichnis

2001

25. Couto, J. A. et al., b : Thermal inactivation of the wine spoilage yeasts Dekkera/Brettanomyces, International Journal of Food Microbiology, Nr. 104, 337-344, 2005
26. Cocolin, L. et al. : Molecular Detection and Identification of Brettanomyces/Dekkera bruxellensis and Brettanomyces/Dekkera anomalous in Spoiled Wines, Applied and environmental Microbiology, Nr. 70, 1347-1355, 2004
27. Thermo : Konelab Bedienungshandbuch, Thermo Electron GmbH, 09.02.2004
28. Binder/Scherrer : Weinrecht für Praktiker in Rheinland-Pfalz, Jahrgang 54, Nr 1, April 2006
29. Rapp, A. et al. : Flüchtige phenolische Verbindungen in Wein, Deutsche Lebensmittel-Rundschau, Nr. 92, 42-48, 1996
30. Schmarr, H.-G. et al. : Analysis of 2-aminoacetophenone in wine using a stable isotope dilution assay and multidimensional gas chromatography-mass spectrometry, Journal of Chromatography A, Nr. 1150, 78 – 84, 2007
31. Vinqiry : Microbiology Photo CD, Vinqiry Inc., 2001
32. Masson, G. et al. : Stereoisomers of beta-Methyl-gamma-Octalactone. II. Contents in the Wood of French (Quercus robur and Quercus petraea) and American (Quercus alba) Oaks, American journal of Enology and Viticulture, Vol. 46, No. 4, 424 – 428, 1995
33. Mortimer, C. : Chemie Das Basiswissen der Chemie, 5. Auflage, Georg Thieme Verlag Stuttgart, 1987
34. Biosystems, a : FIZZ Network Tutorial Basic, Biosystems, Rev. 15/06/2001, 2001
35. Biosystems, b : Reference Manual Calculations Version 2.10, Biosystems, Rev. 31/03/2005, 2005

Anhang A: Thonhauser Rekonditionierungsverfahren



Innendauben vor der Rekonditionierung



Sprühlanze mit Drehkopf des Verfahrens



Hochdruckreiniger, Steuerung und Lösungen



Reinigungswasser (re) und Spülwasser (li)



Innendauben nach der Reinigung



Recond-Ausstattung auf dem Anhänger

Anhang

Anhang B: Manuelles Aushobeln und Neutoasten eines Barriquefasses



Öffnen des Gebrauchtfasses



Innenansicht des Fasses mit Weinstein



Aushobeln mit einer Elektrofräse



Saubere Holzdauben und Hobelspäne



Rekonditionierung der Fassböden



Neutoastung mit einem Gasbrenner

Anhang C: Barrique – Rekonditionierung durch manuelles Aushobeln



Gebrauchtfässer auf Halde



Geöffnetes Barriquefass vor Rekonditionierung



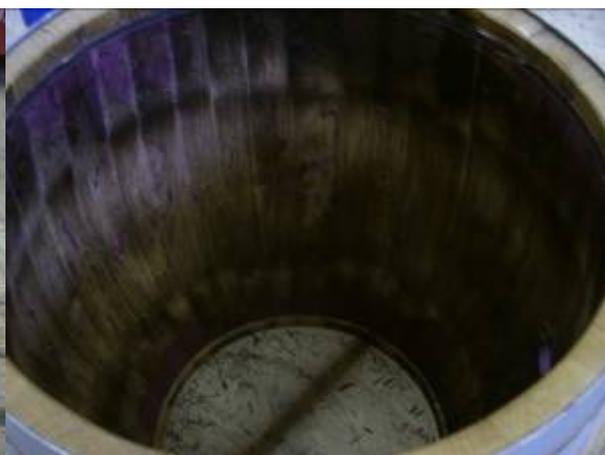
Aushobeln von Hand in der Werkstatt



Barriquefass ausgehobelt

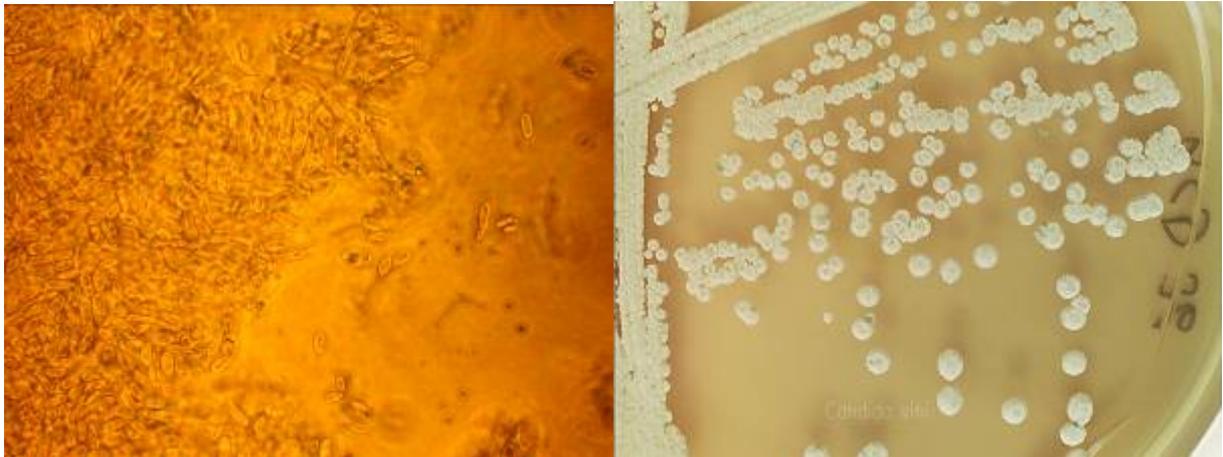


Böden der Fässer vor und nach der Rekond. Barriquefass vor dem Zusammensetzen

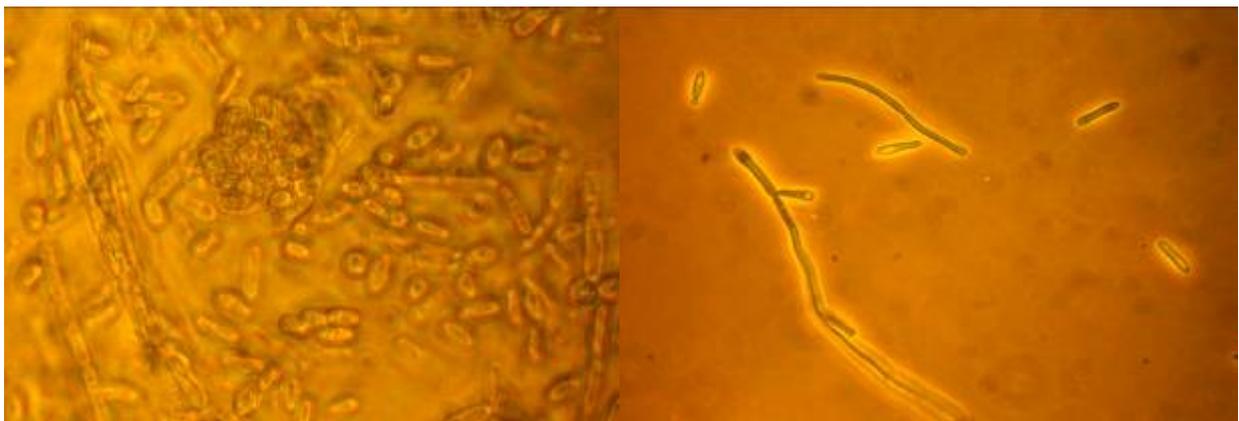


Anhang

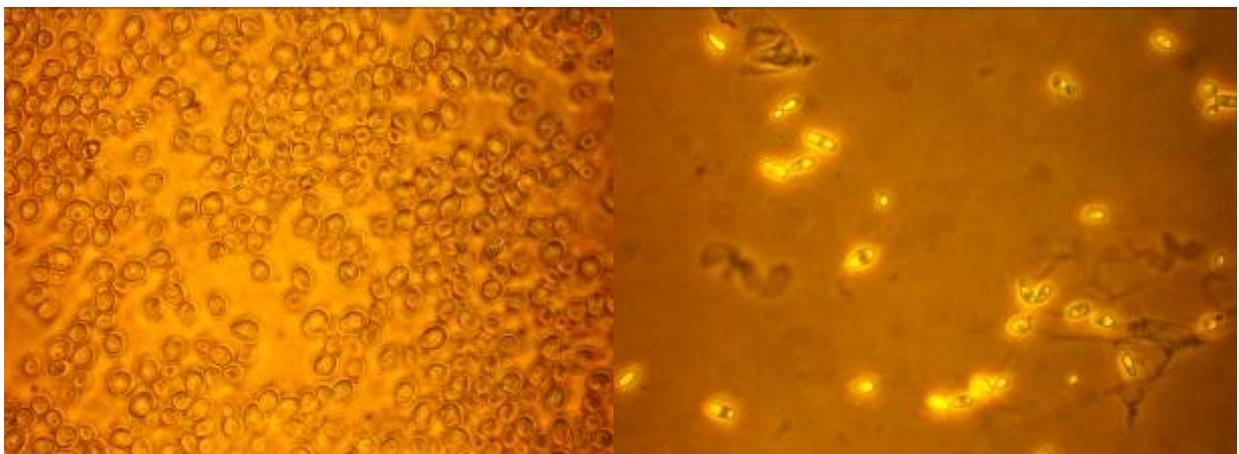
Anhang D: Mikroskopie-Aufnahmen von verschiedenen Hefen (400 fach)



Verdacht auf *Candida vini* (400fach vergrößert) Kolonieform von *Candida vini* in Petrischale



Verdacht auf *Brettanomyces bruxellensis* *Brettanomyces bruxellensis* aus Reinkultur



Hefen aus einer Probe (400 fach vergrößert) *Dekkera anomala* aus Reinkultur