

**Thema: Biologischer Säureabbau bei der Rebsorte Riesling – Beimpfungsstrategien mit  
verschiedenen Bakterienpräparaten**

Projektarbeit zum Lernmodul Abschlussprojekt

im Bildungsgang

Staatlich geprüfte (r) Weinbautechniker (in) (Fachschule II)

der Fachrichtung Weinbau und Önologie

an der BBS Landwirtschaft

des Dienstleistungszentrums Ländlicher Raum

Rheinhessen-Nahe-Hunsrück

in Bad Kreuznach

Fachlehrer: Herr Ulrich Hamm

Lernmodul: Abschlussprojekt

vorgelegt am:

von: Mathias Mertes

Wohnort: Minheim

## Abkürzungsverzeichnis

Abb. ....	Abbildung
alk. ....	alkoholischen
BSA .....	biologischer Säureabbau
BTS.....	Brenztraubensäure
bzw. ....	beziehungsweise
Ca .....	Calcium
CS .....	Citronensäure
DLR R/N/H .....	Dienstleistungszentrum Ländlicher Raum Rheinhessen/Nahe/Hunsrück
DS.....	Doppelsalz
ES .....	Entsäuerungsspanne
evtl. ....	eventuell
insb. ....	insbesondere
K .....	Kalium
Ltr. ....	Liter
MO .....	Mikroorganismen
MSB .....	Milchsäurebakterien
n.G. ....	nach Gärung
o.g. ....	oben genannte
PZ .....	Platzziffer
RWS .....	Restweinsäure
RZ. ....	Restzucker
sog. ....	so genannte
Tab. ....	Tabelle
tGS.....	tietrierbare Gesamtsäure
versch. ....	verschiedenen
z.Z. ....	zurzeit

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Befüllung der Glasballons .....	4
Abbildung 2: Messprinzip der Reflektometrie .....	9
Abbildung 3: Weinsteinbildung.....	14
Abbildung 4: Strukturformel des Äpfelsäureabbaus.....	15
Abbildung 5: Dissoziation einer Säuregruppe (links) sowie pKS Werte der 1. und 2. Säuregruppe (rechts).....	15
Abbildung 6: Strukturformel des Diacetyl-Abbaus .....	17
Abbildung 7: Stoffwechsel heterofermentativer MSB (Oenococcus) .....	17
Abbildung 8: Lactobacillen (links) und Kokken (rechts) unter dem Mikroskop .....	18
Abbildung 9: Verschiedene Mikroorganismen auf Trauben .....	19
Abbildung 10: Die 4 wichtigsten Hemmfaktoren in Bezug auf die Bakterienaktivität .....	22
Abbildung 11: Gärverlauf.....	27
Abbildung 12: Verlauf der Äpfelsäureabnahme .....	28
Abbildung 13: Fragebogen .....	32

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Versuchsaufbau.....	4
Tabelle 2:	Mostanalytik Lese.....	5
Tabelle 3:	Grundmost gärfähiges Gebinde .....	6
Tabelle 4:	Substrate und Fermentationsprodukte von Milchsäurebakterien .....	16
Tabelle 5:	Unterteilung der MSB nach Umsetzung der Kohlenhydrate .....	18
Tabelle 6:	Maßnahmen zur Förderung oder Verhinderung eines biologischen Säureabbaus .....	23
Tabelle 7:	Zusammenfassung der potentiellen Probleme, die mit einem unkontrollierten Säureabbau im Wein zusammenhängen .....	26
Tabelle 8:	FTIR Ergebnisse der fertigen Varianten 1 .....	30
Tabelle 9:	FTIR Ergebnisse der fertigen Varianten 2 .....	31
Tabelle 10:	Auswertung der Verkostung im Rahmen der Wintertagung.....	33
Tabelle 11:	Säureempfinden - Verkostung nach Rangziffermethode, 9 Prüfer .....	34
Tabelle 12:	Frucht/Aromaintensität - Verkostung nach Rangziffermethode, 9 Prüfer .....	35
Tabelle 13:	Riesling Typizität - Verkostung nach Rangziffermethode, 9 Prüfer.....	36
Tabelle 14:	Körper/Fülle - Verkostung nach Rangziffermethode, 9 Prüfer.....	37

## Inhaltsverzeichnis

<b>1.</b>	<b>Einleitung .....</b>	<b>1</b>
1.1.	Themenwahl / Themensystematik.....	1
1.1.	Themenformulierung.....	2
1.2.	Zielsetzung .....	2
<b>2.</b>	<b>Material und Methoden .....</b>	<b>4</b>
2.1.	Variantenaufbau .....	4
2.2.	Versuchsdurchführung .....	5
2.2.1.	Ausgangssituation .....	5
2.2.2.	Verarbeitung.....	6
2.3.	Analysemethoden .....	8
2.3.1.	pH-Meter .....	8
2.3.1.1.	pH-Wert Messung .....	8
2.3.1.2.	Gesamtsäurebestimmung .....	8
2.3.2.	Reflectoquant Erbslöh Easy Lab .....	9
2.3.3.	FTIR (Fourier transformierte mittlere Infrarot-Spektroskopie) .....	9
2.3.4.	Zuckerbestimmung nach Rebelein .....	10
2.4.	Weinbeurteilung .....	10
<b>3.</b>	<b>Chemie des biologischen Säureabbaus .....</b>	<b>11</b>
3.1.	Geschichte des BSA .....	11
3.2.	Allgemeines.....	13
3.2.1.	Säurezusammensetzung.....	13
3.2.2.	Abnahme des Säuregehaltes .....	13
3.3.	Chemismus .....	15
3.3.1.	Säureminderung.....	15
3.3.2.	Entstehung von Diacetyl .....	16
3.3.3.	Verminderung SO <sub>2</sub> - bindender Stoffwechselprodukte.....	17
3.4.	Bakterienstämme .....	18
3.5.	Mikrobiologie .....	19
3.5.1.	Herkunft.....	19
3.5.2.	Vermehrungsvorraussetzungen.....	19
3.5.2.1.	Kohlenhydrate .....	20
3.5.2.2.	Aminosäuren .....	20

3.5.2.3.	Vitamine / Mineralstoffe .....	20
3.5.2.4.	Weitere Wachstumsfaktoren .....	20
3.5.3.	Hemmfaktoren .....	21
3.6.	Organoleptische Fehler .....	24
3.6.1.	Milchsäureton / Milchsäurestich .....	24
3.6.2.	Mäuseln .....	24
3.6.3.	Bildung flüchtiger Phenole .....	24
3.6.4.	Zähwerden / Lindwerden .....	25
3.6.5.	Glycerinabbau / Bitterwerden .....	25
3.6.6.	Essigstich / Mannitstich .....	25
<b>4.</b>	<b>Ergebnisse .....</b>	<b>27</b>
4.1.	Gärverlauf .....	27
4.2.	Äpfelsäureabbau .....	27
4.3.	Analytische Parameter .....	28
4.3.1.	pH- Wert, Weinsäure, Äpfelsäure, Milchsäure .....	28
4.3.2.	Calcium .....	29
4.3.3.	Zitronensäure .....	30
4.3.4.	SO <sub>2</sub> Bedarf .....	30
4.3.5.	Flüchtige Säure .....	30
4.4.	Kosten .....	31
4.5.	Sensorik .....	32
4.5.1.	Befragung im Rahmen der Wintertagung 2011 .....	32
4.5.2.	Rangordnungsprüfungen .....	33
<b>5.</b>	<b>Fazit .....</b>	<b>38</b>

# **1. Einleitung**

## **1.1. Themenwahl / Themensystematik**

Im Rahmen meiner Ausbildung zum „staatlich geprüften Weinbautechniker für Weinbau und Oenologie“ an der BBS Landwirtschaft des DLR R/N/H in Bad-Kreuznach verfasse ich diese Projektarbeit.

Zu meiner Person: Ich stamme aus einem Familienweingut an der Mosel, welches ich vorrausichtlich nach dem erfolgreichen Abschluss der Fachschule 2 zusammen mit meinem Vater in Form einer GdBR fortführen werde. Bereits seit meiner Winzerlehre werde ich in viele Entscheidungen mit einbezogen und übernehme fortan auch immer mehr Verantwortung. Mein Interessensschwerpunkt liegt dabei in der Kellerwirtschaft. Die Erzeugung marktgerechter, bekömmlicher Weine steht dabei im Vordergrund all unserer Maßnahmen, deshalb achten wir auf einen schonenden Weinausbau, verbunden mit wenig Pump- bzw. Rührvorgängen, um Aroma- und Kohlensäureverluste zu vermeiden. Gleichzeitig beobachten wir vermehrt die Bevorzugung milder Weine mit harmonischen Säurewerten und einer ausgeprägt fruchtigen Aromatik beim Verbraucher. Dazu bedarf es unter unseren klimatischen Bedingungen als nördlichstes Weißweinanbaugebiet jedoch oftmals der Notwendigkeit der Säurereduzierung, gerade bei der säurebetonten Rebsorte Riesling, die 60% der Gesamtrebfläche der Mosel ausmacht.<sup>1</sup> Die Entsäuerung spielt demnach eine wichtige Rolle im Wege der Weinbereitung, soll sie doch als Ergebnis einen Wein hervorbringen, der eine angenehme Säurestruktur aufweist, ohne dabei an Frucht und Frische verloren zu haben.

Der bakterielle Säureabbau gewinnt in den letzten Jahrzehnten immer mehr an Bedeutung bei der Weinbereitung und wird nicht nur als eine Variante der Säurereduzierung gesehen, sondern gilt vielmehr auch als ein Prozess zur Qualitätsförderung. Im Gegensatz zur chemischen Entsäuerung gewinnen die Weine hierbei oftmals sogar an Fülle und Schmelz. Bei besonders aromatischen Rebsorten, wie z.B. Kerner, Müller-Thurgau oder Riesling, findet der BSA dagegen kaum Verwendung, da mit der Veränderung des Sortenbuketts eine ungewollte Uniformität der Weine einhergeht. Das kürzliche Erscheinen neuer, sog. Citrat-negativer Impfkulturen, war Anlass für mich, diese Projektarbeit zu verfassen. Durch die besondere Stoffwechseleigenschaft, keine Zitronensäure abzubauen, soll der fruchtbetonte Sortencharakter des Weines erhalten bleiben.<sup>2</sup> Wünschenswert wäre also, die positiven Eigenschaften des BSA auch bei der fruchtbetonten Rebsorte Riesling nutzen zu können, ohne dabei die Weinstilistik zu verändern.

---

<sup>1</sup> LWK RLP; 2007, Rebsortenspiegel der rheinland-pfälzischen Anbaugebiete 1997-2007

<sup>2</sup> Schliessmann; Produktinformation MaloBacti CN1

## **1.1. Themenformulierung**

Biologischer Säureabbau bei der Rebsorte Riesling – Beimpfungsstrategien mit verschiedenen Bakterienpräparaten.

## **1.2. Zielsetzung**

Zur Erzeugung harmonischer, körperreicher und farbintensiver Rotweine hat sich der biologische Säureabbau bereits seit längerem etabliert und ist kaum mehr weg zu denken.

Ebenso findet er vermehrt Anwendung im Weissweimbereich: Bei selbstvermarktenden Weingütern ist er ein wichtiges Instrument, um Burgundersorten wie z.B. Weißburgunder, Grauburgunder oder Chardonnay zu mehr Fülle und Langlebigkeit zu verhelfen, meist auch in Kombination mit einem Barrique Ausbau. Dabei läuft der BSA meist nach der alkoholischen Gärung ab. Die dabei gebildeten buttrigen, laktischen Noten passen oft ganz gut zu dieser Art von Weinen, da sie sich besonders durch ihren Schmelz und ihre Mundfülle auszeichnen und weniger von der Sortenaromatik leben, die ja beim Einsatz herkömmlicher Milchsäurebakterien von den o.g. Aromen teils überlagert werden.

Doch wie sieht es bei der doch eher fruchtbetonten Rebsorte Riesling aus? Hier ist die chemische Entsäuerung bisweilen das Maß aller Dinge, doch gerade in säurereichen Jahrgängen zieht diese strapaziöse Maßnahme zwangsläufig eine Reihe unerwünschter bzw. negativer Folgen nach sich, die sich erschwerend auf den weiteren Weinausbau und negativ auf die Weinqualität auswirken können. Hohe Entsäuerungsspannen führen besonders im Weinsstadium zu Aroma – und Substanzverlusten, da das dabei entstehende Kohlendioxid viele bereits geruchswirksame, flüchtige Aromen austreibt, die größtenteils während der Gärung gebildet wurden. Durch das intensive Aufrühren des Weines findet eine Reduzierung des teils feinperlig eingebundenen Gärungskohlendioxids statt. Der pH-Wert steigt mitunter deutlich an (etwa 0,1 je Gramm Entsäuerung), was die Gefahr von mikrobiologischen Aktivitäten erhöht und zu einer schlechteren Wirksamkeit des Schwefeldioxids führt. Eine ausreichende Zeit (ca. 8 Wochen) zur Kristallstabilisierung vor der Füllung muss gewährleistet sein, da die in der Kellerwirtschaft angewandten Kristallisationshemmer wie Metaweinsäure, Gummi Arrabicum oder Zellulose keine bzw. nur eine unzureichende Wirkung gegen Calciumtartrat Ausscheidungen haben. Verschnitte unmittelbar vor der Füllung, wie sie in der Praxis häufig zur Feinabstimmung durchgeführt werden, führen dann zur erneuten Instabilität, da das Verhältnis des gelösten Calciums zur vorhandenen Restweinsäure dabei verändert wird.<sup>3</sup> Mit einer einfachen chemischen Entsäuerung kann nur die Weinsäure ausgefällt werden, was bei hohen Äpfelsäuregehalten den Entsäuerungsspielraum stark einschränkt. In unreifen Jahren, wie z.B. 2010, muss dann oftmals auf die Doppelsalzsäuerung zurückgegriffen werden, bei der durch einen speziellen Arbeitsablauf in einer Teilmenge des zu entsäuernden Weines oder Mostes so genannte Doppelsalzkristalle gebildet

---

<sup>3</sup> Bamberger, U.; 2010, mündliche Mitteilung, Säureminderung, Unterricht Dezember 2010



werden, ein Salz aus Wein- und Äpfelsäure (Calciumtartratmalat), wodurch beide Säuren reduziert werden. Diese Kristalle sind jedoch nur bei einem pH-Wert über 4,5 stabil, deswegen müssen sie durch eine Filtration abgetrennt werden, bevor die Teilmenge wieder dem Gesamtgebilde zugeführt werden kann. Ein seifiger, pappiger Geschmack aufgrund erhöhter Calciumgehalte wäre die Folge einer fehlerhaften Entsäuerung, bei der keine Restweinsäure mehr vorliegt, mit der dieses reagieren könnte.

Die Alternative zur chemischen Entsäuerung stellt der biologische Säureabbau dar, evtl. auch in Kombination mit einer chemischen Anentsäuerung. Die neuen Citrat-negativen Bakterienpräparate sollen die Entstehung von Diacetyl aus dem Zitronensäureabbau verhindern und somit die Frucht des Weines nicht verändern. Lassen sich hier durch eine simultane Beimpfung mit Citrat-negativen BSA-Starterkulturen die typischen Primäraromen erhalten? Wird die Entstehung laktischer Noten durch die neuen Präparate wirklich verhindert? Hat die gleichzeitige Beimpfung der Milchsäurebakterien mit den Hefen einen Einfluss auf die Gärung? Wie hoch ist die Gefahr der Bildung flüchtiger Säure aus dem anaeroben Zuckerabbau der Bakterien bei der Simultanbeimpfung? Kann das Mundgefühl des Weines durch Nebenprodukte aus dem Stoffwechsel der Bakterien sogar gesteigert werden? Dies zu untersuchen ist Aufgabenstellung des Projektes.

## 2. Material und Methoden

### 2.1. Variantenaufbau

Zur Klärung der Versuchsfragen wurde ein Riesling Most jeweils mit einem Citrat-negativen sowie einem traditionellen Bakterienpräparat zu 2 unterschiedlichen Einsatzzeitpunkten (zum einen gleichzeitig mit der Hefe, zum anderen nach der alkoholischen Gärung) unter sonst gleichen Bedingungen beimpft. Somit lassen sich neben den Einflüssen des Bakterienstammes auch Einflüsse des Beimpfungstermines auf analytische und sensorische Parameter nachvollziehen. Eine Kontrollvariante, die mit Calciumcarbonat entsäuert werden soll, dient dem Vergleich der BSA-Varianten zur chemischen Entsäuerung. Da der Schwerpunkt dieser Arbeit auf dem Erhalt der Sortenaromatik liegt, wurde eine weitere Variante mit Citrat-negativen Milchsäurebakterien eines anderen Herstellers angelegt, um ein zufälliges Ergebnis in dieser Hinsicht ausschließen zu können.

#### Varianten

Nr.	Kürzel	Bakterium	Beimpfungsart	Nährstoff	Hefe
01	Kontrolle	/	/	Nutri Ferm Plus	Ancore Vin13
02	CN1 simultan	MaloBacti CN1	simultan	Nutri Ferm Plus	Ancore Vin13
03	CiNe simultan	Viniflora CiNe	simultan	Nutri Ferm Plus	Ancore Vin13
04	SK11 simultan	Bio Start Vitale SK11	simultan	Nutri Ferm Plus	Ancore Vin13
05	SK11 post.Ferm.	Bio Start Vitale SK11	konsekutiv	Nutri Ferm Plus	Ancore Vin13
06	CN1 post.Ferm.	MaloBacti CN1	konsekutiv	Nutri Ferm Plus	Ancore Vin13

Tabelle 1: Versuchsaufbau

Die in Tabelle 1 aufgeführten Versuchsvarianten wurden zu je 3 Wiederholungen angelegt und in 25 Ltr. Glasballons gefüllt, was einer Gesamtmenge von 450 Ltr. entspricht.



Abbildung 1: Befüllung der Glasballons

## 2.2. Versuchsdurchführung

### 2.2.1. Ausgangssituation

Ein 2010 Riesling Most wurde mit folgenden analytischen Daten am 12.10.2010 geerntet:

		Messmethode	Rechengang
<b>Mostgewicht</b>	86 °Oe	optisches Refraktometer	
<b>Fäulnis</b>	50%	Schätzung	
<b>Gesamtsäure</b>	14,5 g/l	pH-Meter	
<b>pH-Wert</b>	2,7	pH-Meter	
<b>Äpfelsäure</b>	8,6 g/l	easy lab	
<b>ÄS als WS</b>	7,6 g/l	errechnet	(ÄS) 8,6 / (Faktor) 1,119
<b>Weinsäure</b>	6,9 g/l	errechnet	(GS) 14,5 - (ÄS als WS) 7,6
<b>ÄS / WS</b>			
<b>Verhältniss</b>	1,1 / 1	errechnet	(ÄS als WS) 7,6 / (WS) 6,9
<b>Gluconsäure</b>	1 g/l	FTIR	
<b>Glycerin</b>	2,2 g/l	FTIR	
<b>flüchtige Säure</b>	0,28 g/l	FTIR	
<b>NOPA</b>	175 mg/l	FTIR	
<b>Glucose</b>	103,3 g/l	FTIR	
<b>Fructose</b>	109,1 g/l	FTIR	

Tabelle 2: Mostanalytik Lese

Hierbei handelte es sich um physiologisch unreifes Lesegut, welches aufgrund des hohen Fäulnisanteils und dem anhaltenden Fäulnisdruck geerntet werden musste. Die hohe Gesamtsäure verbunden mit einem niedrigen pH-Wert, sowie dem zur Äpfelsäure hin verschobenen Äpfelsäure/Weinsäure Verhältnis bestätigen den Sachverhalt der mäßigen Reife. Des Weiteren kann man anhand folgender Messwerte den Botrytisbefall der Trauben nachvollziehen und dessen Befallsstärke einordnen: Das Vorhandensein von Glycerin und flüchtiger Säure bereits im Most sind eindeutige Anzeichen für dessen Botrytis-Belastung, Moste aus gesundem Lesegut enthalten diese Substanzen hingegen nicht. Die Gluconsäurewerte sind erhöht, Normalwerte liegen bei 50-200mg/l<sup>4</sup>, diese stammt aus dem Glucose-Abbau, welcher auch das Glucose/Fructose Verhältnis zu Gunsten der Fructose verschoben hat.

Aufgrund der Versuchsthematik konnte ein höherer Befall und somit ein späterer Lesetermin nicht akzeptiert werden, da hierzu möglichst gesundes Lesegut benötigt wird.

<sup>4</sup> Bamberger, U.; 2010, mündliche Mitteilung, Botrytis und die Folgen für den Wein, Unterricht August 2010

### 2.2.2. Verarbeitung

Der o.g. Riesling Most wurde mit 50 g/hl Aktivkohle geschönt, um jegliche Fremdgerüche (wie Mufftöne oder an Pilze erinnernde Noten) zu adsorbieren, damit diese bei der späteren sensorischen Auswertung nicht als störend empfunden werden oder einen Vergleich der Versuchsvarianten gar unmöglich machen. Nach der anschließenden 18 stündigen Sedimentation erfolgte die Anreicherung auf 95 g/l Gesamtalkohol. Um günstigere Lebensbedingungen für die Bakterien zu schaffen, musste der mit 2,7 extrem niedrige pH-Wert unbedingt auf mindestens 3,0 angehoben werden. Dies geschah durch eine einfache, chemische Entsäuerung mit  $\text{CaCO}_3$  um 2g/l, in der Annahme, dass der pH-Wert je Gramm Entsäuerungsspanne um etwa 0,1 steigt. Eine höhere Mostentsäuerung konnte allerdings nicht stattfinden, da die Gesamtsäure nach BSA und Weinsteinausfall ansonsten unter dem anvisierten Wert von 8,0 g/l läge. Der nun gärfähige Most wies nachstehende Werte auf:

		Messmethode
<b>Gesamtalkohol</b>	101,7 g/l	FTIR
<b>vergärbarer Zucker</b>	215,5 g/l	FTIR
<b>Gesamtsäure</b>	12,9	FTIR
<b>zuckerfreier Extrakt</b>	34,3 g/l	FTIR
<b>pH-Wert</b>	3,0	pH-Meter
<b>Äpfelsäure</b>	8,8 g/l	FTIR
<b>Weinsäure</b>	5,7 g/l	FTIR
<b>NOPA</b>	175 mg/l	FTIR
<b>Glucose</b>	103,3 g/l	FTIR
<b>Fructose</b>	109,1 g/l	FTIR

**Tabelle 3: Grundmost gärfähiges Gebinde**

Die Anhebung des pH-Wertes war erfolgreich, dieser liegt nun auf einem akzeptablen Niveau, um ein Wachstum und Überleben der Milchsäurebakterien zu ermöglichen, wenngleich er die Untergrenze der Entwicklungsfähigkeit der Bakterien darstellt<sup>5</sup>. Der vorgeklärte, angereicherte und anentsäuerte Most wurde anschließend in die 6 Varianten a 3 Korbflaschen aufgeteilt und einen Tag lang temperiert, um größere Temperatursprünge bei den anstehenden Beimpfungen zu vermeiden. Am Folgetag, dem 13.10.2010, erfolgte einheitlich die Einleitung der Gärung durch Zugabe von Anchor Vin13, eine Hefe mit niedrigem Nährstoffbedarf und geringer Neigung zur  $\text{SO}_2$  Bildung<sup>6</sup>, welche „die Milchsäurebakterienaktivität nicht negativ beeinflussen“<sup>7</sup> und einen „problemlosen BSA

<sup>5</sup> Dittrich, H. u.a.; 2005, Einleitung des Malat-Abbaus durch Bakterien-Starterkulturen, Mikrobiologie des Weines, 3. Auflage, S. 161

<sup>6</sup> Anchor Wine Yeast; Produktinformation Anchor Vin13

<sup>7</sup> DLR R/N/H; 2010, KIS Nahe und Mittelrhein, Nr.7 /2010

ermöglichen“<sup>8</sup> soll. Der Raum in dem die Glasballons lagern wies eine konstante Temperatur von 18°C während des gesamten Ausbaus auf. Die Bakterienzugabe erfolgte einmal gleichzeitig mit der Beimpfung der Hefen (Variante 2, 3 und 4) zum anderen im Anschluss an die alkoholische Gärung (Variante 5 und 6), deren Ende durch Messung des Restzuckers (Rebelein) festgestellt wurde. Als Vergleich diente Variante 1 ohne BSA, die unmittelbar nach der alkoholischen Gärung zur Vermeidung eines spontanen BSA abgeschwefelt wurde (hier sah man unter dem Mikroskop bereits stäbchenförmige MSB). Da der Most aus fäulnisbelastetem Lesegut stammt, fand in der Hauptgärphase Varianten übergreifend eine Gabe von 30 g/hl Nutri Ferm Plus statt, ein Gärsalz, das aus di-Ammoniumphosphat, Thiamin, Cellulose und inaktivierten Hefen besteht. Somit soll einem Nährstoffmangel vorgebeugt und eine sichere Durchgärung sowie ein vollständiger BSA Verlauf gewährleistet werden.

Die Mostgewichtsabnahme wurde täglich durch Spindeln mit der Mostwaage bestimmt und festgehalten. Um den BSA Verlauf zu kontrollieren erfolgte in unregelmäßigen Abständen die Messung der Äpfelsäure mittels Reflektquant (Erbslöh Easy Lab).

Nach Ende des BSA zeigten die Varianten schnell eine von oben herab beginnende Braunfärbung, da die Reduktivität, resultierend aus der alkoholischen Gärung sowie der Milchsäurebakterienaktivität, nun nicht mehr gegeben war. Im Rahmen des Diacetylmanagements konnte der Zeitpunkt der Schwefelung durch einmaliges Aufrühren der Hefe noch um einige Tage hinausgezögert werden.

Es folgten der Abstich und die Auffüllung der Behältnisse aller Varianten, wobei die Kontrollvariante dabei im Doppelsalzverfahren von 12,6g/l GS um 4,5g/l auf 8,1 g/l GS entsäuert wurde. Nach 3 wöchiger Selbstklärung erfolgte die Filtration mittels weißer Kieselgur, Einstellung der freien SO<sub>2</sub> auf 50 mg/l, sowie die Einstellung des Restzuckers mittels 50% iger Fructose-Lösung auf 6,0 g/l.

Im letzten Schritt erfolgte die kaltsterile Abfüllung auf Schraubverschluss.

---

<sup>8</sup> 2B Concept Consulting; 2006, BSA Hefe-Kompass

## **2.3. Analysemethoden**

### **2.3.1. pH-Meter**

#### **2.3.1.1. pH-Wert Messung**

Der pH-Wert gibt die  $H^+$  -Ionen Konzentration einer Lösung an, welche für den mehr oder weniger sauren Charakter verantwortlich ist. Die pH-Skala erstreckt sich von 0 bis 14, wobei 7 als Neutralpunkt bezeichnet wird, hier liegen  $H^+$  - sowie  $OH^-$  -Ionen in gleicher Konzentration vor. Alle Werte unter 7 kennzeichnen saure, alle Werte über 7 alkalische Milieus. Die pH-Werte im Wein reichen in Ausnahmefällen von 2,7 bis 4,5, je nach Rebsorte und Jahrgang. Bedingt durch den logarithmischen Zusammenhang bedeuten kleine pH-Änderungen wesentlich größere Änderungen der  $H^+$  -Ionen. Beispielsweise erhöht sich deren Konzentration bei Verringerung des pH-Wertes um eine Einheit auf das 10 fache. An diesem Beispiel wird ersichtlich, warum kleine pH-Verschiebungen oft dramatische Auswirkungen haben können. Die Bedeutung des pH-Wertes im Wein ist vielfältig. Er ist maßgeblich für

1. den sensorischen Eindruck (gleiche Säurewerte schmecken bei tieferen pH-Werten aufgrund der stärkeren Dissoziation saurer)<sup>9</sup>
2. die antimikrobielle Wirkung: sie steigt mit sinkendem pH und zwar sowohl durch die Erhöhung der  $H^+$ -Ionen Konzentration als auch durch die Steigerung der Wirksamkeit des freien  $SO_2$ . Das ist einer der Gründe, warum ein erfolgreicher Einsatz von Starterkulturen für den biologischen Säureabbau erst ab einem gewissen pH-Wert möglich ist
3. die Effizienz von Schönungen (tiefe pH-Werte wirken begünstigend)
4. die Farbintensität von Rotweinen (erhöhter Anteil rot gefärbter Farbstoffe bei tiefem pH)

Messprinzip: pH-Meter und Glaselektrode. Gemessen wird „eine von pH-Wert abhängige Spannung, die sich beim Eintauchen in eine Lösung zwischen Innen- und Außenseite der Glaselektrode aufbaut“<sup>10</sup>.

#### **2.3.1.2. Gesamtsäurebestimmung**

Bei der Titration der Gesamtsäure (GS) werden lediglich die freien, wirksamen Säuregruppen ( $COOH$ ) gemessen. Diese werden durch Zugabe von 1/3 N Blaulauge bis zu pH 7 neutralisiert, an der Menge benötigter Lauge kann auf den GS-Wert geschlossen werden. Dieser spiegelt den sauren Geschmack eines Mostes oder Weines sehr gut wider, da an Mineralien abgepufferte  $COOH$ -Gruppen nach Außen hin neutral schmecken.

---

<sup>9</sup> Bamberger, U.; 2010, mündliche Mitteilung, Fruchtsäuren in Most und Wein, Unterricht Dezember 2010

<sup>10</sup> Brandes, W.; pH-Wert und Säuren

### 2.3.2. Reflectoquant Erbslöh Easy Lab

Zur schnellen Prozesskontrolle und Absicherung weiterer Verfahrensschritte kam dieser Schnelltest zur Anwendung. Die Analysen mit dem Reflectoquant-System basieren auf dem reflektometrischen Prinzip. Dabei wird Licht einer bestimmten Wellenlänge und Intensität von gefärbtem Papier adsorbiert. Der nicht adsorbierte Anteil wird über eine zerstreute Reflektion wieder abgestrahlt und gemessen.

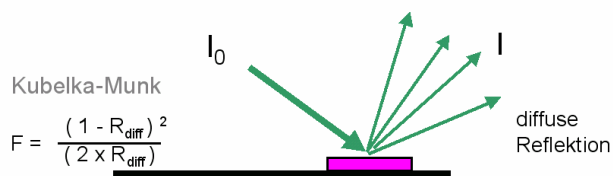


Abbildung 2: Messprinzip der Reflektometrie <sup>11</sup>

Je mehr Licht adsorbiert wurde, d.h. je stärker das Papier gefärbt ist, desto höher ist die Konzentration des analysierten Stoffes. Durch Kalibrierung des Gerätes lassen sich so durchaus praxisnahe Werte darstellen. Somit können zahlreiche Parameter untersucht werden, die auf stabilen Farbreaktionen beruhen. Zurzeit sind dies: Äpfelsäure/Milchsäure/Gesamtsäure/Weinsäure/freie und gesamte schweflige Säure/Gesamtzucker/pH/Ferm-N/Gesamtphenole<sup>12</sup>.

### 2.3.3. FTIR (Fourier transformierte mittlere Infrarot-Spektroskopie)

Mit dieser Methode wird eine Probe mit Infrarot-Strahlung durchleuchtet und als Ergebnis ein Wellenspektrum erfasst. Dieses gemessene Spektrum wird mit Vergleichsspektren von Mosten verglichen, deren Inhaltsstoffe mittels Referenzmethode bestimmt wurden. Rechnergestützt erfolgt dann eine mengenmäßige Einschätzung der untersuchten Parameter. Die Inhaltsstoffe werden demnach nicht direkt bestimmt (wie z.B. bei der Säuretitration), sondern mit charakteristischen Spektren bestimmter Reinsubstanzen verglichen, deren Konzentration bekannt ist. Dies bedarf jedoch einer aufwändigen, stetigen Kalibrierung, da der jahrgangsübergreifende Vergleich der Spektren zueinander die Gefahr von großen Ungenauigkeiten birgt. Bis auf die Spurenanalytik lassen sich so jedoch alle wichtigen im Most vorkommenden Substanzen schnell und einfach bestimmen. Seit 2004 ist dieses Verfahren sogar in RLP zur amtlichen Prüfanalyse zugelassen<sup>13</sup>.

<sup>11</sup> Meinel, J.; Sichere Prozesskontrolle durch Schnellanalytik wesentlicher Parameter, Erbslöh

<sup>12</sup> Erbslöh Geisenheim; Produktinformation Easy Lab

<sup>13</sup> Müller, E.; 2010, Skript „Kriterien der Traubenqualität“

#### **2.3.4. Zuckerbestimmung nach Rebelein**

Die traditionelle Bestimmung nutzt die reduzierende Eigenschaft von Glucose und Fructose auf alkalische Kupfersulfatlösung. Zweiwertige Kupferionen ( $\text{Cu}^{2+}$ ) werden von den Zuckern unter Hitze zu Einwertigen ( $\text{Cu}^+$ ) reduziert, aus der Menge der übrig gebliebenen zweiwertigen Kupferionen, welche idiometrisch bestimmt werden, wird dann auf den Zuckergehalt geschlossen<sup>14</sup>. Saccharose kann so nicht bestimmt werden sondern muss vorher durch Säurehydrolyse in Glucose und Fructose gespalten werden. Stark gefärbte Proben müssen vor der Bestimmung mit Aktivkohle entfärbt werden.

#### **2.4. Weinbeurteilung**

Zur Klärung der sensorischen Auswirkungen des Versuches wurde eine Gruppe von Fachleuten (Absolventen der Technikerschule) zur Verkostung und Beurteilung der Weine herangezogen. Des Weiteren bot sich die Möglichkeit einer weitreichenden Befragung der Besucher im Rahmen der Wintertagung 2011 in Bad-Kreuznach, die aufgrund der großen Teilnehmeranzahl als äußerst repräsentativ angesehen werden kann.

---

<sup>14</sup> Laborheft Weinbautechniker; 2010/2011, Zuckerbestimmung nach Rebelein, S.35-38



### **3. Chemie des biologischen Säureabbaus**

#### **3.1. Geschichte des BSA**

„Wenn der Neue blüht, gärt es im Alten“ besagt ein altes Winzerspruchwort aus den Anfängen des 20. Jahrhunderts, die sich zu ihrer Zeit noch keinen Reim auf dieses Phänomen machen konnten. In seinem Buch „Kurze Belehrung über die zweckmäßige Behandlungsart der eingekellerten Weine“ berichtet Freiherr von Babo über die Erscheinung einer zweiten Gärung in Jungweinen, die mit dem Anstieg der Temperaturen im Spätfrühling beginnt. Diese setzte CO<sub>2</sub> frei und war verantwortlich für die erneute Eintrübung der Weine. Er empfahl einen sofortigen Abstich in ein neues Fass verbunden mit einer SO<sub>2</sub> Gabe, Schönung und Temperaturabsenkung, gefolgt von einem zweiten Abstich und einer Stabilisierung durch erneute Zugabe von SO<sub>2</sub>.

Bereits 1890 äußerte Müller-Thurgau die Ansicht, dass die Säureverringerng von Bakterien verursacht werden könnte, dieser schenkte man jedoch wenig Beachtung und führte den Säureverlust allein auf den Ausfall der Weinsäure zurück. 1897 hat Alfred Koch erstere Vermutung bewiesen, indem er die dafür verantwortlichen Bakterien kultivierte. Kurz danach wurden seine Erkenntnisse vom Klosterneuburger Wissenschaftler Leonhardt Seifert bestätigt und erweitert. 1901 gab Möslinger die zugrunde liegende Summenformel an, die den chemischen Ablauf definiert: Äpfelsäure wird zu Milchsäure und Kohlendioxid abgebaut.

Diese neuen Erkenntnisse wurden 1918 von Müller-Thurgau & Osterwalder in einer zusammenfassenden Darstellung mit dem Titel „Die Bakterien im Wein und Obstwein und die dadurch verursachten Veränderungen“ veröffentlicht. Darin werden auch negative Auswirkungen der Bakterien, wie Milchsäurestich, Mannitbildung, Zähwerden sowie Weinsäure- und Glycerinverlust behandelt

Zahlreiche und wesentliche Arbeiten über den Äpfelsäureabbau durch Milchsäurebakterien wurden seit den 1960er Jahren geliefert. So wurde der Milchsäurestich, der vor allem bei säurearmen Weinen häufig auftrat, von Dietrich auf die Diacetylbildung zurückgeführt. 1974/75 erkannte man in der Veränderung der Sorbinsäure durch Milchsäurebakterien auch die Ursache für den daraus resultierenden, fehlerhaften Geranienton der auf solche Art konservierten Weine. Die Tatsache des verringerten SO<sub>2</sub> Bedarfes nach einem BSA wurde in den späten 70er Jahren verstärkt ins Visier genommen.

Dank dieser fast 150 jährigen Forschungsarbeit sind unsere Kenntnisse über den bakteriellen Säureabbau heute sehr tiefreichend und ermöglichen uns sogar den Einsatz gefriergetrockneter Starterkulturen zur Einleitung des BSA. Trotzdem bleibt aber auch heute immer noch einiges an

Unwägbarkeiten und es bleibt die Erkenntnis, dass der bakterielle Säureabbau noch immer ein Vorgang ist, der nicht zu 100% kontrollierbar ist.<sup>15,16,17</sup>

---

<sup>15</sup> Lallemand; Der biologische Säureabbau im Wein – Wissenschaft und Praxis

<sup>16</sup> Dittrich, H. u.a.; 2005, Allgemeines und Geschichtliches, Mikrobiologie des Weines, 3. Auflage, S. 151

<sup>17</sup> Steidl & Leindl; 2002, Biologischer Säureabbau

## **3.2. Allgemeines**

### **3.2.1. Säurezusammensetzung**

Die im Traubenmost dominierenden Säuren sind die Wein - und die Äpfelsäure, ihr Gehalt ist stark Jahrgangs - und Rebsorten abhängig. Mit fortschreitender Beerenreife sinkt der Gesamtsäuregehalt durch Verdünnung und Umwandlung der beiden Säuren in Zucker (Gluconeogenese). Während die Äpfelsäure (ÄS) bereits beginnend bei 20°C veratmet wird, unterliegt die Weinsäure (WS) erst bei Temperaturen über 30°C einem Abbau<sup>18</sup>. Das Verhältnis der beiden Säuren zueinander verschiebt sich im Laufe der Reife zugunsten der Weinsäure, da die für dessen Umwandlung benötigten Temperaturen unter unseren klimatischen Bedingungen in der Reifephase kaum erreicht werden. Säurearme Jahrgänge zeichnen sich demnach durch eine warme Reifeperiode aus, bei der die 20°C Marke oft erreicht wurde und weisen einen hohen WS-Anteil auf. Ein Zuviel an Säure kann aber in Deutschland insbesondere dann nicht verhindert werden, wenn entweder zunehmende Traubenfäulnis die Lese vor der vollständigen Reife erforderlich macht, oder kühle Temperaturen den Säureabbau am Rebstock stark einschränken. In diesen Fällen bedarf es dann einer Reduzierung der Säuregehalte.

Ein Botrytisbefall der Trauben führt ausserdem zur Veränderung der Säurezusammensetzung: Die Gesamtsäure steigt durch Aufkonzentrierung, während der prozentuale Anteil der Weinsäure durch deren Abbau sowie Entstehung von Glucon - und Galakturonsäure sinkt.

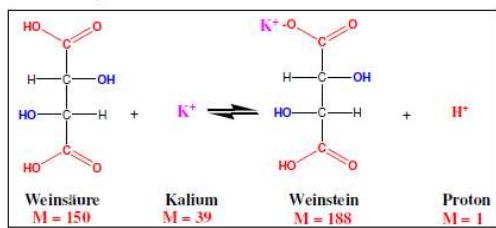
### **3.2.2. Abnahme des Säuregehaltes**

Der Säuregehalt nimmt im Zuge des Weinausbaus auf natürlichem Wege ab. Grund hierfür ist der Ausfall eines Teiles der Weinsäure als saures Kalium-Salz, auch Natriumhydrogentartrat (KHT) oder Weinstein genannt. Dabei gilt, je mehr Mineralstoffe, insbesondere Kalium, im Most vorhanden sind, desto höher ist der Säurerückgang. Ist der Weinstein noch in Lösung, spricht man von einer Abpufferung; hierbei ist eine Säuregruppe der ursprünglichen Weinsäure jedoch noch aktiv, was einer Säurehalbierung gleich kommt (Abb.3)<sup>19</sup>. Die Löslichkeit des KHT nimmt mit steigendem Alkoholgehalt, abnehmender Temperatur sowie zunehmendem Klärgrad ab, es kommt zum Kristallausfall. Diese Säureabnahme reicht jedoch in sauren Weinen nicht aus.

---

<sup>18</sup> Müller, E.; 2010, Skript „Beerenentwicklung“

<sup>19</sup> Bamberger, U.; 2010, mündliche Mitteilung zum Thema „Säureminderung/Abschwächung“



**Abbildung 3: Weinsteinbildung**

Zu hohe Säuregehalte lassen sich chemisch oder biologisch reduzieren. Bei der einfachen chemischen Entsäuerung mit kohlensaurem Kalk wird lediglich die Weinsäure ausgefällt (Calciumtartrat). Bei besonders hohem Gesamtsäuregehalt in Verbindung mit geringem Weinsäuregehalt (siehe 3.2.1) lässt sich mit der Doppelsalzenzäuerung auch ein Teil der Äpfelsäure fällen (Calciumtartratmalat). (Auf die Durchführung, Schwierigkeiten und Konsequenzen dieser Maßnahmen wurde bereits im Kapitel 1.2 eingegangen).

Eine andere Möglichkeit der Säureminderung bietet der biologische Säureabbau, im Englischen „malolactic fermentation“, im Französischen „fermentation malolactique“ genannt. Hierdurch wird im Gegensatz zu den o.g. Verfahren die Äpfelsäure abgebaut, was besonders in unreifen Jahren mit hohen ÄS-Anteilen von Vorteil ist.

### 3.3. Chemismus

#### 3.3.1. Säureminderung

Die Bezeichnung „malolaktische Gärung“, die sich zunehmend für den biologischen Säureabbau einbürgert, hat den Vorteil, dass sie das Anfangs- und das daraus entstehende Endprodukt nennt: Milchsäurebakterien wandeln die zweibasische Äpfelsäure (Malat) zur schwächeren, einbasischen Milchsäure (Lactat) um, dabei wird CO<sub>2</sub> freigesetzt.

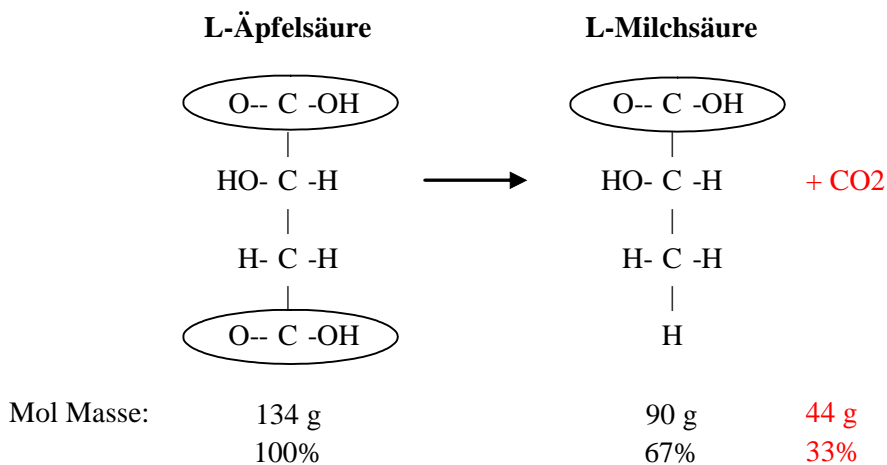


Abbildung 4: Strukturformel des Äpfelsäureabbaus

Mit jedem Abbau eines Moleküls L-Malat zu L-Lactat sind ein stöchiometrischer Verlust einer Carboxylgruppe (Abb. 4, Umrandung) und eine entsprechende Minderung der Gesamtsäure verbunden. Beim BSA reduziert sich die titrierbare Gesamtsäure (tGS) aus zwei Gründen:

- aus einem Gramm Äpfelsäure entstehen nur 0,67 Gramm Milchsäure (Abb. 4), ein Drittel der Masse geht als CO<sub>2</sub> verloren.
- 1 g/l ÄS trägt 1,12 g/l zur Gesamtsäure bei, der Beitrag von 1 g/l MS liegt bei nur 0,83 g/l<sup>20</sup>

Beides zusammen ergibt eine berechnete Reduzierung der Gesamtsäure um 0,56 g/l pro Gramm abgebauter Äpfelsäure, in der Praxis geht man der Einfachheit halber von einer Säurehalbierung aus. Auch schmeckt die entstandene MS weicher, da sie aufgrund ihres höheren pKS Wertes weniger zur Dissoziation neigt (Abb.5).

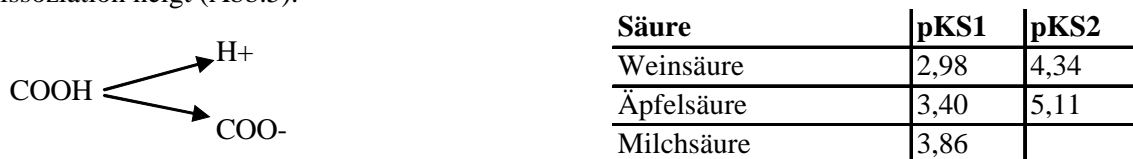


Abbildung 5: Dissoziation einer Säuregruppe (links) sowie pKS Werte der 1. und 2. Säuregruppe (rechts)

<sup>20</sup> Amann, R.; 2006, Beitrag einzelner Säuren zur titrierbaren Gesamtsäure, Optimierung bzw. Neuentwicklung von chemischen, technischen und biologischen Verfahren zur Schaffung harmonischer Säurewerte in Wein

Mit diesem Stoffumsatz ist ebenfalls eine Verminderung der Wasserstoffionenkonzentration, also eine Erhöhung des pH-Wertes, verbunden, da nun weniger zur Dissoziation befähigte Säuregruppen vorhanden sind.

Beim BSA wird allerdings nicht nur Äpfelsäure umgesetzt, welche „eine eher uninteressante Reaktion im Hinblick auf Energiegewinn<sup>21</sup>“ darstellt, sondern auch eine große Anzahl anderer Stoffe, die den MSB als verwertbare Substrate dienen. Je nach Bakterienstamm (homo- bzw. heterofermentativ) können aus diesen unterschiedliche Abbauprodukte (Metabolite) entstehen (Tab. 4). Die Quantitäten der Endprodukte sind neben dem Stamm und der Substratmenge auch von den jeweilig herrschenden Bedingungen (aerob, anaerob, pH-Wert) abhängig.

<b>Substrat</b>	<b>Metabolit</b>
Äpfelsäure	Milchsäure (L- Lactat)
Zucker	Milchsäure (L- oder/und D- Lactat), Essigsäure, Ethanol
Zitronensäure	Diacetyl, Essigsäure, Milchsäure
Aminosäuren	biogene Amine
Brenztraubensäure	Milchsäure, Essigsäure, Diacetyl

**Tabelle 4: Substrate und Fermentationsprodukte von Milchsäurebakterien** <sup>22</sup>

### **3.3.2. Entstehung von Diacetyl**

Als Aromasubstanz in Butter ist Diacetyl schon seit den zwanziger Jahren bekannt und man ist bis heute der Ansicht, dass es ihr wichtigster Aromabildner sei. <sup>23</sup> Im Wein liegt der Geschmacksschwellenwert von Diacetyl bei 0,2 mg/l. <sup>24</sup> Die Bewertung dieser geruchsintensiven Aromakomponente hängt vom gewünschten Weintyp ab. Ihre Anwesenheit kann einerseits als angenehm empfunden werden, da sie eher neutralen Rebsorten zu einem nussigen, buttrigen Bouquet verhilft, andererseits ist die damit einhergehende Überlagerung der Sortenaromatik gerade bei fruchtigen Rebsorten der Weinqualität eher abträglich.

Die Herkunft dieses Stoffes ist hauptsächlich im bakteriellen Zitronensäure-Abbau begründet, welcher generell erst nach dem Äpfelsäure-Abbau beginnt. Von neun Malat abbauenden Stämmen wurde Citrat nur von *Oenococcus* abgebaut <sup>25</sup>. Diese Kenntnis ist wichtig, da fast alle Starterkulturen *Oenococcus*-Präparate sind. Da der Citrat-Stoffwechsel von *Oenococcus Oeni* über das

<sup>21</sup> Costello, P.; 2007, Chemie des biologischen Säureabbaus, Der biologische Säureabbau im Wein, Lallemand

<sup>22</sup> Hamm, U.; Stoffwechsel von Milchsäurebakterien

<sup>23</sup> Scherrer, A.; Zur Entstehung und Analytik von Diacetyl, Acetoin und Butandiol in Würze und Bier

<sup>24</sup> Costello, P.; 2007, Chemie des biologischen Säureabbaus, Der biologische Säureabbau im Wein, Lallemand

<sup>25</sup> Dittrich, H. u.a.; 2005, Abbau von Citronen-, Glucon- und Fumarsäure, Mikrobiologie des Weines, 3. Auflage, S. 165

Zwischenprodukt Brenztraubensäure läuft, besteht die Möglichkeit, dass geringe Mengen an Diacetyl alleine aus diesem Hefestoffwechselprodukt entstehen, ohne dass Citrat abgebaut wird.

Beim Citrat-Abbau entsteht neben Diacetyl auch etwas Essigsäure (Abb.5), sodass die Tatsache erhöhter flüchtiger Säurewerte auch bei Beimpfung durchgegener Weine zum Teil hier ihren Ursprung hat. Da Diacetyl chemisch nicht stabil ist, kann es durch aktive Zellen von *Oenococcus oeni* oder von noch anwesenden aktiven Hefen zu weniger geruchsintensiven Endprodukten reduziert werden (Acetoin, 2,3 Butandiol). Die Intensität des Diacetyl-Abbaus ist umso stärker, je länger der Kontakt mit dem Hefegeläger und je höher das Redox-Potential des Weines ist.<sup>26</sup> Durch neue, citrat-negative Impfpräparate soll es möglich sein, einen biologischen Säureabbau ohne das Entstehen bemerkenswerter Diacetyl-Gehalte durchzuführen.

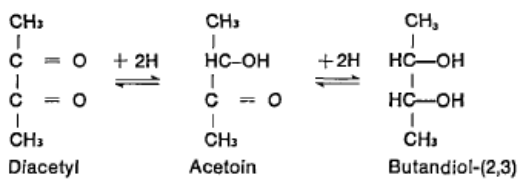


Abbildung 6: Strukturformel des Diacetyl-Abbaus

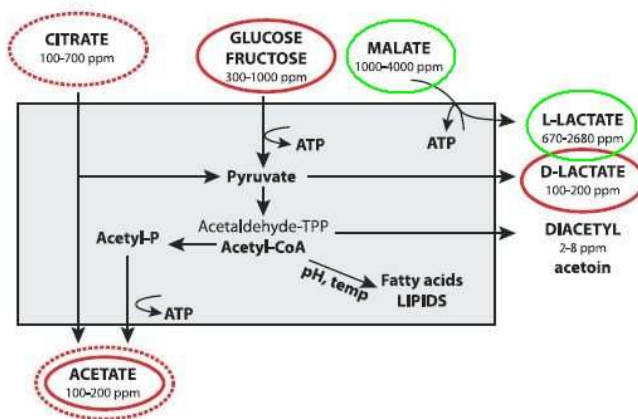


Abbildung 7: Stoffwechsel heterofermentativer MSB (*Oenococcus*)<sup>27</sup>

### 3.3.3. Verminderung SO<sub>2</sub>- bindender Stoffwechselprodukte

Die SO<sub>2</sub>-bindenden Hefemetaboliten Brenztraubensäure (Pyruvat), Acetaldehyd (Ethanal) und Ketoglutarensäure können verringert werden, wodurch meist eine SO<sub>2</sub> Einsparung bei Weinen mit Malatabbau erreicht werden kann. Dabei unterliegt die BTS einem nahezu vollständigen Stoffumsatz, indem sie zu Milchsäure hydriert wird. Die Restmengen liegen dann im Milligramm Bereich, die Schwefelbilanz wird folglich verbessert. Der wichtigste SO<sub>2</sub>-Bindungspartner Acetaldehyd wird durch dessen Reduktion zu Alkohol jedoch nur geringfügig vermindert.

<sup>26</sup> Costello, P.; 2007, Chemie des biologischen Säureabbaus, Der biologische Säureabbau im Wein, Lallemand

<sup>27</sup> Costello, P.; 2007, Chemie des biologischen Säureabbaus, Der biologische Säureabbau im Wein, Lallemand

### 3.4. Bakterienstämme

Nach der Art der Zuckerumsetzung unterscheidet man 2 grundlegende Stoffwechseleigenschaften. Homofermentative Stämme bilden aus den beiden Hexosen Glukose und Fruktose nur Milchsäure, während heterofermentative Stämme daraus neben Milchsäure auch Alkohol, CO<sub>2</sub> und Essigsäure bilden.

Morphologie	Glukose Stoffwechsel	Gattung
Lactobacillen (stäbchenförmige Zellen)	fakultativ heterofermentativ	Lactobacillus casei
		Lactobacillus plantarum
	Strikt heterofermentativ	Lactobacillus brevis
		Lactobacillus hilgardii
Kokken (runde Zellen)	Homofermentativ	Pediococcus damnosus
		Pediococcus pentosaceus
	heterofermentativ	Oenococcus oeni

Tabelle 5: Unterteilung der MSB nach Umsetzung der Kohlenhydrate<sup>28</sup>

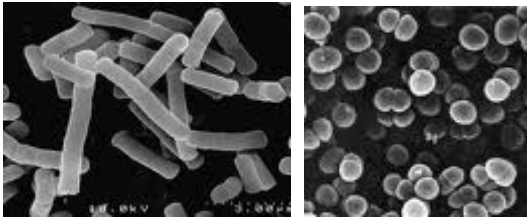


Abbildung 8: Lactobacillen (links) und Kokken (rechts) unter dem Mikroskop<sup>29</sup>

Die Überlebens- bzw. Wachstumsfähigkeit der unterschiedlichen Stämme ist stark pH-Wert abhängig. Grundsätzlich bietet ein höherer pH-Wert bessere Lebensbedingungen. Bakterien der Gattung Oenococcus oeni entwickeln sich jedoch bereits ab einem pH-Wert von 3,1, Pediokokken und Laktobazillen hingegen benötigen pH-Werte ab 3,4 bzw 3,5 zur Entfaltung<sup>30</sup>.

<sup>28</sup> Hermann, J.V.; 2008, Mikrobiologische Stabilität, LWG Bayern

<sup>29</sup> Google; 2010

<sup>30</sup> Bamberger, U.; 2010, mündliche Mitteilung, BSA, Unterricht Dezember 2010



### 3.5. Mikrobiologie

#### 3.5.1. Herkunft

Aufgrund der Tatsache, dass ein BSA spontan eintreten kann, muss es natürliche Infektionsquellen im Wege der Weinbereitung geben. Der Ursprung der Milchsäurebakterien stellt die natürliche Aufwuchsflora der Pflanzen, also auch der Traubenbeeren dar (siehe Abb.5). Von dort aus gelangen sie im Zuge der Traubenverarbeitung in den Most. Jegliche im Keller vorhandenen Einrichtungen, wie Leitungen, Pumpen oder Tanks, können von ihnen besiedelt werden und als Überlebensraum dienen, solange eine geeignete Substratquelle vorhanden ist. Alle kommerziell erhältlichen Präparate stammen letztendlich aus der Isolation von Spontanpopulationen.

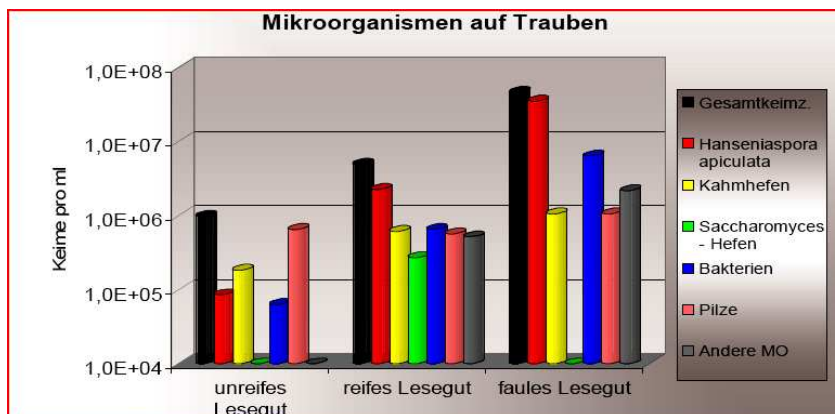


Abbildung 9: Verschiedene Mikroorganismen auf Trauben <sup>31</sup>

Die auf den Trauben vorfindbaren Populationen von MSB liegen in einer Größenordnung von  $10^4$  (10.000) bis  $10^5$  (100.000) Zellen pro ml vor<sup>32</sup>, zur Durchführung einer Milchsäuregärung werden jedoch Zellzahlen von mindestens 2 Mio. Zellen pro ml ( $2 \times 10^6$ ) benötigt, in ihrer Hauptphase konnten sogar Konzentrationen von 20 Mio. Zellen je ml nachgewiesen werden<sup>33</sup>. Dies macht die Notwendigkeit eines enormen Bakterienwachstums klar, um einen aussichtsreichen BSA zu ermöglichen.

#### 3.5.2. Vermehrungsvoraussetzungen

Für die Überlebensfähigkeit dieser Bakterien ist die Matrix eines Mostes oder Weines, d.h. die Gesamtheit aller Inhaltsstoffe, von grundlegender Bedeutung. Die Mehrheit jener Bakterien ist jedoch nicht in der Lage, sich an die veränderten Umweltbedingungen anzupassen, die während des Weinausbaus eintreten und verschwindet im Verlauf der alkoholischen Gärung. *Oenococcus oeni*

<sup>31</sup> Hamm, U.; Stoffwechsel von Milchsäurebakterien

<sup>32</sup> Powell, C.; 2007, Mikroflora des Weines, Der biologische Säureabbau im Wein, Lallemand

<sup>33</sup> Bamberger, U.; 2010, mündliche Mitteilung, BSA, Unterricht Dezember 2010

hingegen trotz den erschwerten Bedingungen und kann sich unter gewissen Voraussetzungen sogar spontan vermehren.

#### **3.5.2.1. Kohlenhydrate**

Milchsäurebakterien sind Zucker umsetzende Organismen. Dieser wird zur Energiegewinnung (Voraussetzung für Zellwachstum) benötigt und bestimmt somit die Zellmasse. 1 g/L Äpfelsäure wird durch ungefähr 0,01 Gramm Bakterien abgebaut, dazu liefert 0,1 g Glucose genügend Energie für die Bildung dieser Menge an Biomasse<sup>34</sup>. Somit wird der Malat Abbau indirekt von der Menge der Kohlenhydrate gesteuert. Fast alle Weine enthalten adäquate Zuckermengen, um ein ausreichendes Bakterienwachstum zu gewährleisten und somit einen vollständigen BSA zu garantieren. Die Zucker-Abnahme während des Malat-Abbaus beträgt 0,4 bis 0,8 g/l<sup>35</sup> und ist damit als gering einzustufen.

#### **3.5.2.2. Aminosäuren**

Der Bedarf an speziellen Aminosäuren schwankt zwischen den unterschiedlichen Stämmen, so benötigt *Lactob. plantarum* nur 3 bis 4, *Oenococcus Oeni* dagegen bis zu 16. Das Angebot an Aminosäuren im Wein reicht meist aus, sodass sich auch anspruchsvolle Arten vermehren können. Die bei der Hefeautolyse freiwerdenden, hefeeigenen Stickstoffverbindungen wie Peptide und Zellwand-Mannoproteine können ebenfalls als Nahrungsquelle genutzt werden und wirken stimulierend auf das Bakterienwachstum<sup>36</sup>. Ein langer Hefekontakt trägt also positiv zur Bakterienentwicklung bei. Anders als Hefen können MSB Ammoniumsalze jedoch nicht verwerten.

#### **3.5.2.3. Vitamine / Mineralstoffe**

Alle Stämme benötigen Folsäure und Nicotinsäure, sowie mehrere Vitamine der B-Gruppe. Besonders Thiamin (Vitamin B1) ist für *Oenococcus Oeni* von großer Bedeutung.

Mineralstoffe werden nur in geringen Mengen von wenigen mg/l benötigt. Aufzuführen sind hier Kalium, Natrium, Magnesium und Mangan, wobei letzteres eine wesentliche Rolle als Co-Faktor beim enzymatischen Abbau der Äpfelsäure spielt. Moste und Weine enthalten hierfür ausreichende Mengen.

#### **3.5.2.4. Weitere Wachstumsfaktoren**

Milchsäurebakterien sind fakultative Anaerobier, sie bevorzugen daher sauerstofffreie Medien.

---

<sup>34</sup> Radler, F.; 1958, Untersuchung des Säureabbaus im Wein

<sup>35</sup> Dittrich, H. u.a.; 2005, Ernährungs- und Wuchsstoffansprüche, Mikrobiologie des Weines, 3. Auflage, S. 157

<sup>36</sup> Krieger-Weber, S.; 2007, Die Nährstoffansprüche der Milchsäurebakterien, Der biologische Säureabbau im Wein, Lallemand

### 3.5.3. Hemmfaktoren

Der pH-Wert ist einer der wichtigsten Faktoren, der über die Vermehrungs- und Überlebensfähigkeit der Milchsäurebakterien entscheidet. Die verschiedenen Gattungen weisen unterschiedliche pH-Minima auf, dadurch findet eine Selektion statt (siehe 3.4). Allgemein gilt aber: je höher der pH-Wert des Mostes oder Weines, umso rascher findet die Vermehrung der MSB und damit ihr Säureabbau statt. Hohe Äpfelsäuregehalte führen aus zweierlei Hinsicht zu einer längeren malolaktischen Gärung: Zum einen bedarf die vermehrte Malat Menge einem längeren Umsatz, zum anderen korreliert sie negativ mit dem pH-Wert, was die Abbaurate der Bakterien senkt.

Die zweite, gleichbedeutende Einflussgröße ist der Gehalt an schwefliger Säure. Sie wirkt in der freien, undissoziierten Form unspezifisch antimikrobiell. Der Anteil des in dieser Form vorliegenden Schwefels ist pH-abhängig, er nimmt mit fallendem pH-Wert zu. Die antimikrobielle Wirksamkeit der zugesetzten  $\text{SO}_2$  Menge ist also bei tieferen pH-Werten besser. So werden Bakterien bei pH 3,0 bereits durch Anwesenheit von 8 mg/l freier  $\text{SO}_2$  gehemmt, während es bei pH 3,6 dazu bereits 30 mg/l bedarf. Des Weiteren sind sie wesentlich sensibler gegenüber  $\text{SO}_2$  als die Hefen. Zu deren Hemmung wären bei pH 3,0 schon 63 mg/l freie  $\text{SO}_2$  erforderlich, bei pH 3,6 wahnwitzige 240 mg/l.<sup>37</sup> Auch die gebundene Form hat eine, wenn auch geringe, antibakterielle Wirkung und darf deshalb nicht außer Acht gelassen werden. Es ist jedoch nicht vorhersehbar, ab welchen  $\text{SO}_2$ -Konzentrationen die MSB im Wein abgetötet werden, da durch ein Zusammenkommen mehrerer Hemmfaktoren u.U. einige Milligramm bereits eine Verhinderung des Äpfelsäureabbaus bewirken können. Deshalb sollte bei angedachtem BSA auf eine Mostschwefelung verzichtet werden und Hefen mit geringer  $\text{SO}_2$  Produktion zum Einsatz kommen.

Das Temperaturoptimum der Milchsäurebakterien liegt zwischen 25 und 35°C, hier ist ihre Aktivität am höchsten<sup>38</sup>. Diese Temperaturen sind bei dem Weißweinausbau dagegen als bedenklich zu sehen, da hierdurch ein Verlust an Aromen sowie Kohlensäure einhergeht. Bei Schaffung günstiger Rahmenbedingungen ist eine Temperatur von 18°C ausreichend für einen zielsicheren Malat-Abbau. Zumal ist bei höheren Alkoholgehalten eher eine niedrige Temperatur während dem BSA anzustreben, da die Toxizität von Alkohol mit der Temperatur zunimmt. Milchsäurebakterien werden von den gleichen Temperaturen abgetötet wie Hefen: 2 Minuten bei 60 °C oder eine Hoch-Kurzzeit-Erhitzung genügen meist.

Die Alkoholtoleranz ist von Stamm zu Stamm unterschiedlich, es gibt keine einheitliche Obergrenze. So wirkt ein vorh. Alkoholgehalt von 6 % vol auf *Lactobacillus plantarum* bereits toxisch<sup>39</sup>, während

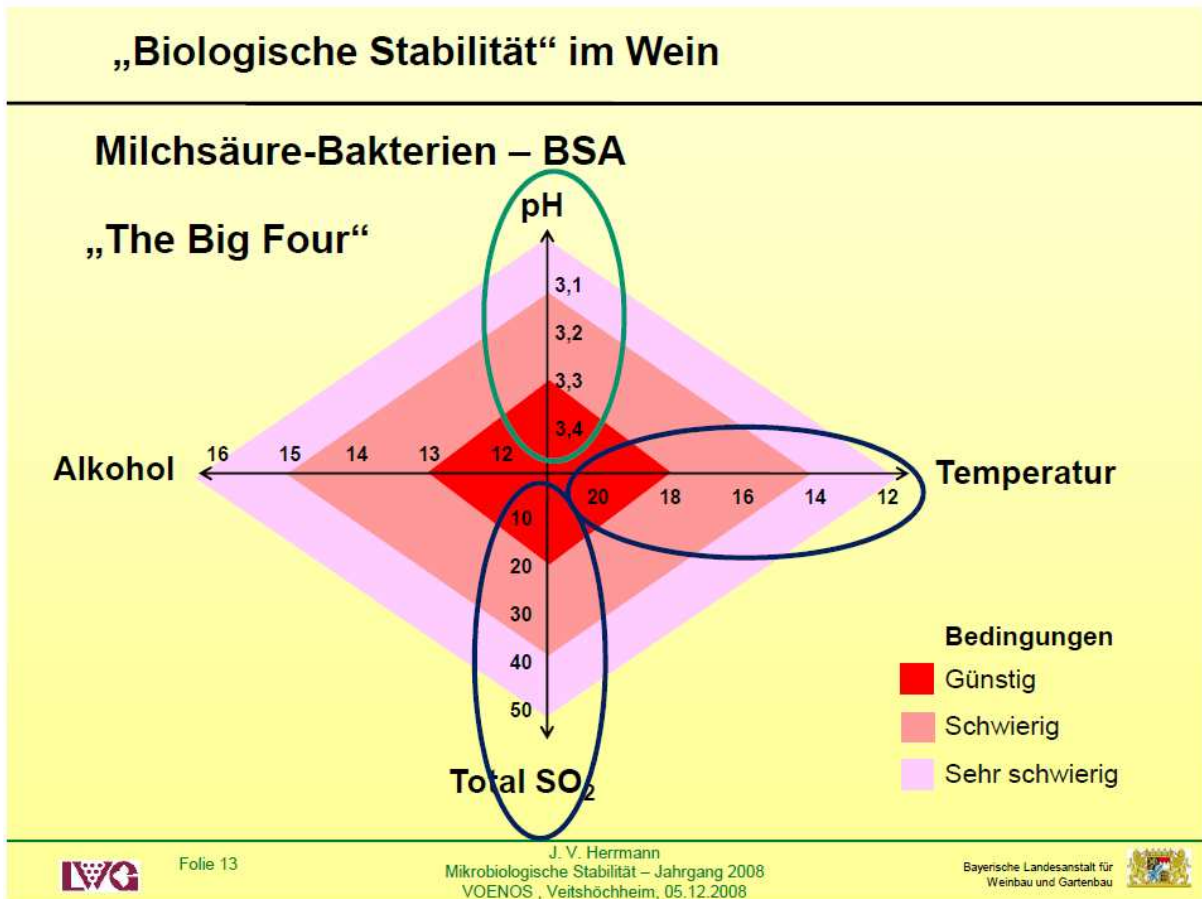
---

<sup>37</sup> Hamm, U.; Wirkungsformen der schwefligen Säure

<sup>38</sup> Powell, C.; 2007, Hemmende Faktoren für das Wachstum von Milchsäurebakterien, Der biologische Säureabbau im Wein, Lallemand

<sup>39</sup> Wolz, S.; 2001, Äpfelsäurereduzierung bei Weißwein

die meisten anderen Bakteriengattungen bei Alkoholwerten bis 15 %vol noch zum Malat-Abbau befähigt sind.



**Abbildung 10: Die 4 wichtigsten Hemmfaktoren in Bezug auf die Bakterienaktivität** <sup>40</sup>

Auch die Auswahl der Gärhefe spielt eine Rolle im Bezug auf den Verlauf des biologischen Säureabbaus. Sie unterscheiden sich bezüglich Nährstoffverbrauch, Autolyseverhalten und SO<sub>2</sub>-Bildung. Gärstarke Hefen zeichnen sich meist durch einen hohen Nährstoffbedarf aus und lassen den Bakterien nur noch wenig vom „Buffet“ übrig. Bei gleichzeitig schlechter Autolysefähigkeit kann es für die MSB zu Mangelerscheinungen wichtiger Substanzen (siehe 3.5.2.2) kommen. Hefestämme welche eine erhöhte SO<sub>2</sub>-Produktion aufweisen, sind ebenfalls als Bakterien unverträglich anzusehen. Interaktionen zwischen Hefen und Bakterien sind äußerst komplex und die richtige Auswahl von zueinander passenden Hefe- und Bakterienstämmen kann der Schlüssel zu einem erfolgreichen BSA sein. Dies ist besonders bei der Simultanbeimpfung, bei der die Starterkultur zusammen mit der Hefe in den Most gegeben wird, von herausragender Bedeutung, da hier antagonistische Vorgänge zu Gärstockungen und dem Entstehen flüchtiger Säure führen kann.

<sup>40</sup> Hermann, J.V.; 2008, Mikrobiologische Stabilität, LWG Bayern

Von Botrytis gebildete Toxine können die Bakterienaktivität ebenfalls negativ beeinträchtigen. Ein seit Oktober 2001 <sup>41</sup> zugelassenes Mittel zur Vermeidung oder Unterbrechung eines biologischen Säureabbaus ist Lysozym, welches jedoch nur eine zeitbegrenzte Wirkung von 3-4 Wochen gegenüber MSB aufweist. Der Wirkungsmechanismus beruht auf der Zerstörung der Zellwände grampositiver Bakterien, Essigbakterien und Hefen werden dabei nicht angegriffen. Bei besonders gerbstoffreichen Rotweinen ist dieser Effekt jedoch nicht gegeben, da das Lysozym durch eine Reaktion mit den Gerbstoffen ausfällt und somit die erhoffte Wirkung nicht eintritt.

<b>Faktor</b>	<b>Hemmung</b>	<b>Förderung</b>
Gär- und Lagerbedingungen	Kühle Gärung, Lagertemperatur < 10 °C, toxische über 25 °C	Warme Gärung, Lagertemperatur 15-22 °C
SO <sub>2</sub>	STARKE Schwefelung, freie SO <sub>2</sub> > 30 mg/L	Keine SO <sub>2</sub> oder bei toleranten Stämmen max. 10 mg/L freie SO <sub>2</sub>
pH/Säure	pH unter 3,0	Startentsäuerung auf pH 3,2
Klären /Abstich	Gut vorklären, früh klären, EK- Filtrieren	Lange auf Hefe belassen, öfters aufrühren
Bakterienzahl	Kieselgur- oder EK-Filtration	Reinzuchtpräparate mit abbauendem Wein überimpfen (mind. 5 %)
Lysozym	Einsatz vor BSA oder zur Unterbrechung	
Nährstoffmischungen		Gewährleistet eine ausreichende Nährstoffversorgung
Hefeauswahl	„Nährstoffzehrer“ oder Hefen mit geringer Autolyseaktivität	Hefen mit geringerem Nährstoffanspruch oder guter Autolysefähigkeit

**Tabelle 6: Maßnahmen zur Förderung oder Verhinderung eines biologischen Säureabbaus <sup>42</sup>**

<sup>41</sup> Steidl & Leindl; 2002, Biologischer Säureabbau

<sup>42</sup> Christmann, M.; Biologischer Säureabbau

### **3.6. Organoleptische Fehler**

Die mit dem Malat-Abbau gleichzeitig oder in seiner Folge ablaufenden, stofflichen Veränderungen können den Wein nachhaltig beeinflussen. Die gleichen Organismen, die für den erwünschten Äpfelsäureabbau verantwortlich sind, können unter veränderten Bedingungen Metabolite bilden, die als schädlich anzusehen sind und im ungünstigsten Fall sogar zum Weinverderb führen können. Deshalb ist es wichtig, über den komplexen Stoffwechsel dieser Lebewesen Bescheid zu wissen, um die richtigen Rahmenbedingungen für einen sensorisch zufrieden stellenden BSA Verlauf zu schaffen. Diese Auswirkungen auf den Wein hängen von dem speziellen eingesetzten Milchsäurebakterienstamm ab, was wiederum für die Nutzung von bekannten spezifischen Milchsäurebakterienstämmen für die Durchführung eines Biologischen Säureabbaus spricht.

#### **3.6.1. Milchsäureton / Milchsäurestich**

Der Geruch dieser Weine erinnert an Molke oder Sauerkraut, dieser wird im Wesentlichen durch Diacetyl geprägt (siehe 3.3). Homofermentative Milchsäurebakterien (Pediokokken, Laktobazillen) bilden dabei mehr Diacetyl als Heterofermentative. Oenococcus-Weine sind daher meist reintonig<sup>43</sup>. Bei ungehemmtem Fortschreiten der Bakterienaktivität bei hohen pH-Werten über 3,5 kann der Milchsäureton in den Milchsäurestich übergehen, sofern Zuckerreste im Wein vorliegen. Wie sein Name schon sagt, ist bei ihm auch die Essigsäure am Geruchs- und Geschmackseindruck beteiligt, die einen kratzenden, bittersüßen Geschmack hinterlässt. Während der Milchsäureton gewissermaßen noch reparabel ist (langes Hefelager, späte Schwefelung), zieht dieses späte Stadium einen Weinverderb mit sich. Auch die vermehrte Bildung von D-Lactat führt in solchen Weinen zur verschlechterten sensorischen Wahrnehmung.

#### **3.6.2. Mäuseln**

Die Bezeichnung soll den an Mäusurin erinnernden Geruch der Weine charakterisieren. Ursächlich hierfür ist der Lysin-Abbau heterofermentativer MSB (besonders Lactobacillus). Auch Hefen der Gattung Brettanomyces und Dekkara zählen zu den Verursachern<sup>44</sup>.

#### **3.6.3. Bildung flüchtiger Phenole**

Attribute wie Pferdeschweiß, Tabak und Leder werden oftmals zur Umschreibung dieses Fehltones herangezogen. Im Geschmack präsentieren sich diese Weine speckig-animalisch, erdig, teerartig oder weisen einen Medizinalton auf. Die auslösenden Substanzen sind flüchtige Phenole wie Vinyl- und

---

<sup>43</sup> Dittrich, H. u.a.; 2005, Milchsäurebakterien als Weinschädlinge, Mikrobiologie des Weines, 3. Auflage, S. 171-180

<sup>44</sup> Hamm, U.; Weinkrankheiten durch Milchsäurebakterien

Ethylphenol, sowie Vinyl- und Ethylguajacol, die aus dem bakteriellen Abbau von Phenolcarbonsäuren stammen<sup>45</sup>.

#### **3.6.4. Zähwerden / Lindwerden**

Die Ursache hierfür ist die Polysaccharidbildung aus Glucose, die eine Erhöhung der Viskosität bewirkt. Das Zähwerden beginnt meist in der Gelägerzone, weil die autolysierenden Hefen die Bakterienvermehrung stark fördern. Insbesondere säurearme Weine mit hohen pH-Werten, geringen Alkoholgehalten und langem Kontakt mit der Vollhefe bei warmen Bedingungen sind anfällig für diesen Stoffumsatz. Weine die mit diesem Weinefehler behaftet sind lassen sich kaum filtrieren und fließen ölig aus dem Glas. Das gebildete Glucan ist vom Filtrationsenzym  $\beta$ -Glucanase viel schwerer abbaubar, als das Botrytis  $\beta$ -Glucan. Durch frühzeitige Schwefelung und Ablassen des Weines durch ein Reißrohr kann dieser Makel gelindert werden.

#### **3.6.5. Glycerinabbau / Bitterwerden**

Der Abbau von Glycerin durch MSB führt zunächst zur Entstehung von Acrolein, welches selbst nicht bitter schmeckt, durch dessen Reaktion mit Anthocyanen kommt es aber zur Bildung eines bitteren Fehlgeschmackes<sup>46</sup>. Das Bitterwerden ist demnach bei Rotweinen häufiger und intensiver aufzufinden. Die dafür verantwortlichen Mikroorganismen sind in erster Linie Stämme der stäbchenförmigen Gattung Lactobacillus.

#### **3.6.6. Essigstich / Mannitstich**

Essigsäure kann von verschiedenen MO gebildet werden. Essigsäurebakterien produzieren sie unter aeroben Bedingungen durch Oxidation von Ethanol über Acetaldehyd zu Acetat. Auch wilde Hefen, die bei einer Spontangärung besonders im Anfangsstadium aktiv sind, können höhere Mengen an Essigsäure produzieren. Die Produktion von Acetat durch Milchsäurebakterien beruht auf dem anaeroben Zuckerabbau, gerade heterofermentative Stämme sind zu dessen Bildung befähigt. Dabei können sowohl Hexosen (Glucose, Fructose) als auch die für die Hefe unverwertbaren Pentosen (Arabinose, Xylose) als Substratquelle dienen. Neben der Essigsäure entsteht dabei zusätzlich meist D-Milchsäure, welche als Verderbnis-Indikator gilt. Die Vorraussetzung für einen solchen Verderb ist vor allem gegeben, wenn eine Gärstockung bei Weinen mit hohem pH-Wert eintritt oder bei einer zu späten Anreicherung ein erneuter Gärstart ausbleibt. Einen Sonderfall stellt der Mannitstich dar. Dabei bilden MSB zusätzlich aus der Fructose den süßlichen Zuckeralkohol Mannit, deshalb schmecken solche Weine kratzig-süßlich.

---

<sup>45</sup> Bamberger, U.; 2010, mündliche Mitteilung, Folgen starker Depsidspaltung, Unterricht September 2010

<sup>46</sup> Palacios, A.; 2007, Organoleptische Fehler verursacht durch einen unkontrollierten BSA, Der biologische Säureabbau im Wein, Lallemand

Problem	Bedingungen für das Auftreten	verantwortliche Mikroorganismen	veränderte Komponenten	gebildete Komponenten	resultierende Wirkung im Wein
Weinsäureabbau	Rot- oder Weißweine mit pH > 3,5, niedrige Gesamtsäure	Pediococcus, Lactobacillus, Oenococcus	Weinsäure	Milchsäure, Essigsäure, Co2	Säureminderung, flüchtige Säure, Farbverlust, Trübung
				Acetamid (selten)	Mäuselton (selten)
Glycerinabbau	Rot- oder Weißweine mit niedrigem Alkoholgehalt, hohem pH-Wert (insbesondere Pressweine und Weine mit langer Alterung)	L. casei, L. fructivorans, L. hilgardii	Glycerin	Arcolein	Bittertöne
			Glycerin (in Anwesenheit von Glucose)	Milch- und Essigsäure	flüchtige Säure
stecken-gebliebene alkoholische Gärung	Rot- oder Weißweine mit den üblichen Restzuckergehalten für stecken-gebliebene alkoholische Gärung	die meisten Milchsäure-bakterien (MSB)	vergärbare Zucker	Milch- und Essigsäure	Anstieg der Gesamtsäure, flüchtige Säure, Verlust an Komplexität und Ausgewogenheit, Eintrübung
			Fructose	Mannit	bittersüßer Geschmack

Problem	Bedingungen für das Auftreten	verantwortliche Mikroorganismen	veränderte Komponenten	gebildete Komponenten	resultierende Wirkung im Wein
Umsetzung von nicht vergärbarem Zucker in "trockenen" Weinen	"trockene" Weine, insbesondere Rotweine mit hohem pH-Wert	die meisten MSB	Arabinose, Xylose, Glucose, Fructose	Essigsäure	flüchtige Säure
Bildung von flüchtigen Phenolen	Rotweine mit hohem pH-Wert	Einige Pediococcus und Lactobacillus (hauptsächliche Bildung durch Hefen Brettanomyces und Dekkera)	Cumarsäure	4-VP, 4-VG, 4-EP, 4-EG	unter anderem Pferde-schweiß, Pferdestall, Leder, Asphalt, Schimmel, Medizin, Rauch
Mäuselton	hoher pH-Wert, Oxidation	Lactobacillus, Oenococcus oeni (möglicher-weise auch die Hefen Brettanomyces und Dekkera)	Aminosäuren (Lysin, Ornithin), Zucker	Pyridine	Mäuselton
Maskieren des Sorten-aromas	Rot- und Weißweine	einige Milchsäure-bakterien-stämme	organische Säuren, Zucker, Aminosäuren	Ethyllactat Ethylacetat	Bei niedrigen Werten wird der Frucht-charakter maskiert, bei höheren Gehalten entstehen Aromen wie nussig, Karamell, hefig und nasses Fell
				Diacetyl	
Ethyl-carbamat-Entwicklung	Weine mit hohem Alkoholgehalt, Weine mit hohen pH-Werten	MSB	Arginin in Anwesenheit von hefe-gebildetem Harnstoff	Ethyl-carbamat	gesundheits-schädigend
Entwicklung biogener Amine	Weine mit hohem pH-Wert	MSB	bestimmte Aminosäuren	Histidin	gesundheits-schädigend
				Putrecin, Cadaverin	Faulton, fleischig, Essig, unsaubere Aromen

**Tabelle 7: Zusammenfassung der potentiellen Probleme, die mit einem unkontrollierten Säureabbau im Wein zusammenhängen**<sup>47</sup>

<sup>47</sup> Palacios, A.; 2007, Organoleptische Fehler verursacht durch einen unkontrollierten BSA, Der biologische Säureabbau im Wein, Lallemand



## 4. Ergebnisse

### 4.1. Gärverlauf

Die gleichzeitige Anwesenheit der Bakterien hat die alkoholische Gärung nicht negativ beeinträchtigt. Diese lief mit 10 Tagen Gärdauer recht zügig ab und wies einen sicheren Endvergärungsgrad auf; Restzuckermessungen am 25.10 ergaben Werte von 4-5 g/l RZ.

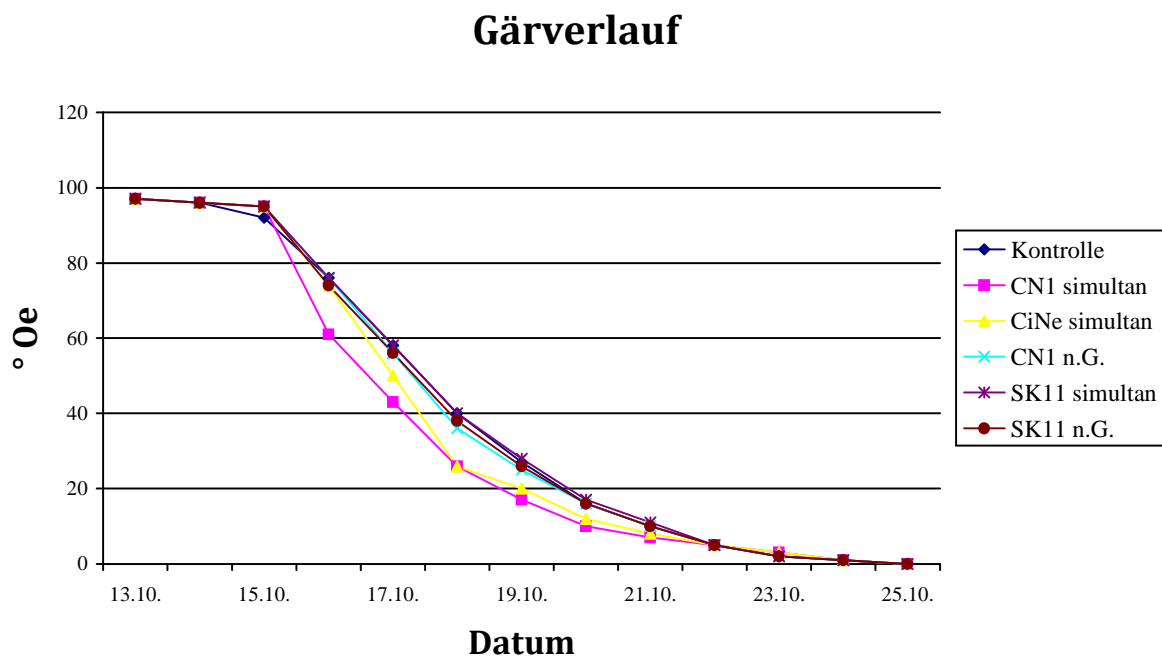


Abbildung 11: Gärverlauf

### 4.2. Äpfelsäureabbau

Bei der Intensität des Malat-Abbaus gab es deutliche Unterschiede zwischen den eingesetzten Bakterienstämmen. Das citrat-negative Bakterium CiNe erwies sich als äußerst robust und hatte bei simultaner Anwendung bereits unmittelbar nach der alkoholischen Gärung den überwiegenden Teil der Äpfelsäure umgewandelt. Anders sah es bei den SK11 Präparaten aus: Hier begann der ÄS-Abbau der simultanen Variante erst im Anschluss an die alk. Gärung und endete nach 4-wöchiger Aktivität. Die Beimpfung dieses Produktes nach der Gärung benötigte sogar 7 Wochen bis zur vollständigen Umwandlung der Äpfelsäure. Dies zeigt einerseits die eingeschränkte Toleranz jenes Bakteriums gegenüber dem dort herrschenden tiefen pH-Wert, andererseits konnte durch die simultane Beimpfung eine Zeitersparnis erreicht werden, was auf eine frühzeitige Vermehrung und Anpassung der Bakterien schließen lässt. Leider wurden die beiden Varianten des Bakteriums CN1 aufgrund fehlerhafter

Messungen am 11. November verfrüht abgeschwefelt, obwohl sie die ÄS noch nicht vollständig abgebaut hatten.

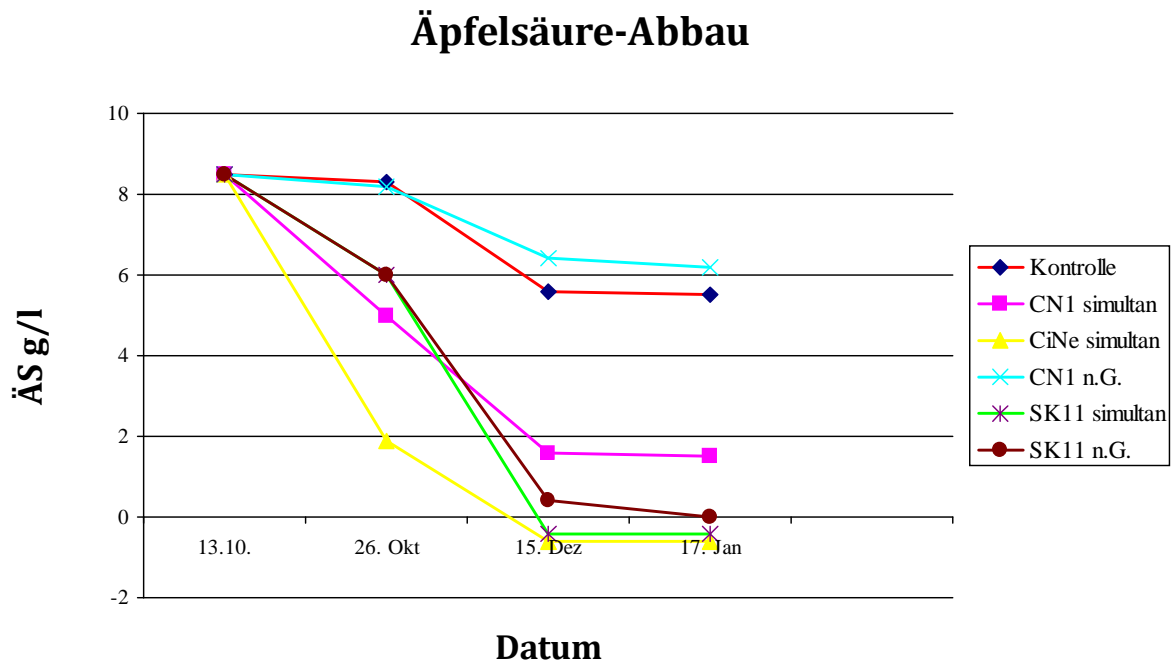


Abbildung 12: Verlauf der Äpfelsäureabnahme

### 4.3. Analytische Parameter

Bei der Interpretation der analytischen Versuchsergebnisse aus Abb. 13 kommt den Varianten 02 und 04 (graue Schrift) eine gesonderte Rolle zu. Diese erfuhren auf der Basis fehlerhafter Äpfelsäure Messung (Erbslöh Easy Lab) als Erstere eine SO<sub>2</sub> Gabe und können somit keinem direkten Vergleich mit den übrigen Varianten unterzogen werden. Gleichwohl kann Variante 04 (CN1 n.G.) als unveränderte 0-Variante angesehen werden, da hier keine Milchsäure gebildet wurde und demnach auch keine Stoffwechselaktivität der MSB erfolgte.

#### 4.3.1. pH- Wert, Weinsäure, Äpfelsäure, Milchsäure

Auf die Bedeutung des pH-Wertes wurde bereits im Kapitel 2.3.1.1 ausführlich eingegangen. Er gibt die H<sup>+</sup> -Ionen Konzentration an, welche wiederum von folgenden Faktoren abhängig ist:

1. Säuremenge: Menge an COOH-Gruppen (Säuregruppen)
2. Säurestärke: Neigung zur Dissoziation der COOH-Gruppen in COO<sup>-</sup> und H<sup>+</sup> (pKS-Wert)
3. Abpufferung durch Mineralstoffe (in Lösung befindlich) Ca oder K

Die Kontrollvariante mit chemischer Entsäuerung nach dem DS-Verfahren zeigt den mit 0,5 stärksten pH-Wert Anstieg. Hier führte die Entsäuerungsspanne von 4,5 g/l nachweislich zu einer pH-Wert Erhöhung von rund 0,1 Einheiten je Gramm ES, was als beträchtlich anzusehen ist. Gründe für den im Vergleich zu den BSA-Varianten stärkeren pH-Anstieg sind zum einen die veränderte Säurezusammensetzung (weniger WS, mehr ÄS: ÄS hat höhere pKS-Werte und wirkt weniger pH-Wert senkend als WS), zum anderen die höheren Mineralstoffgehalte, die aufgrund knapper WS nicht ausfallen können und in Lösung bleiben. Fairerweise sei dazu gesagt, dass die tiefen WS-Werte der Kontrollvariante auch der einfachen, chemischen Vorentsäuerung im Moststadium entstammen, sodass zum Zeitpunkt des späteren DS-Verfahrens nur noch wenig WS zur Verfügung stand. Beim Verzicht auf diese stufenweise Entsäuerung wäre bei einer einmaligen DS-Entsäuerung vermutlich mehr ÄS mit ausgefällt worden und zum Erreichen der angestrebten GS weniger WS verloren gegangen.

Durch den Einsatz der BSA Bakterien konnte dennoch eine beträchtliche pH-Wert Schonung erreicht werden: dieser stieg lediglich um 0,2-0,3 Einheiten an und blieb somit deutlich niedriger als bei der chemischen Entsäuerung. Da die Säureminderung der tGS beim BSA neben dem stöchiometrischen Verlust einer Säuregruppe (siehe 3.1.1) auch auf einer Säureumschichtung der ÄS zur milder schmeckenden MS basiert, fällt die pH-Änderung geringer aus als bei einer vollständigen Ausfällung mittels Ca.

Die Varianten 03, 05 und 06 wandelten die Äpfelsäure komplett zu Milchsäure um, aus 6,4 g/l ÄS entstanden zwischen 3,3 bis 3,8 g/l MS, d.h. aus 1g/l ÄS entstanden umgerechnet zw. 0,5 bis 0,6 g/l MS, was in etwa mit der theoretischen Ausbeute von 0,67 g/l übereinstimmt.

#### **4.3.2. Calcium**

Die Ca-Gehalte der Kontrollvariante sind aus o.g. Gründen mit 318 mg/l deutlich erhöht. Aufgrund der knappen RWS ist auch mit keinem weiteren Ausfall zu rechnen, da hierzu der Reaktionspartner fehlt. Von einer Kristallstabilität kann erst bei Werten um die 120 mg/l ausgegangen werden<sup>48</sup>. Evtl. Stabilisationsmaßnahmen mit D/L Weinsäure vor der Füllung wären demnach erforderlich, um Ca-Trübungen in der Flasche sicher ausschließen zu können. Bleibt der Wein unverschnitten, ist die Gefahr der Kristallisation jedoch gering. Verschnitte mit SR oder Weinen mit WS-Resten führen jedoch zur erneuten Instabilität mit der Folge der zur Eigenstabilisierung notwendigen 8-wöchigen Wartezeit. Eine weitere Folge erhöhter Ca-Gehalte ist die mögliche geschmackliche Beeinflussung des Weines. Diese werden oftmals mit Attributen wie breit, leblos, seifig oder sogar bitter in Verbindung gebracht.

---

<sup>48</sup> Bamberger, U.; 2010, mündliche Mitteilung, Säureminderung / Abschwächung

### 4.3.3. Zitronensäure

Erfreuliche Ergebnisse lieferte die Messung der Zitronensäuregehalte nach Abschluss des BSA. Wie erwartet führten die konventionellen Bakterienpräparate SK11 zu einem nahezu vollständigen Abbau der CS, welcher hauptverantwortlich für die Entstehung von Diacetyl ist (siehe 3.3.2). Bei den citrat-negativen Stämmen zeigten sich die CS-Werte hingegen unverändert, was die Herstellerangaben bekräftigt und auf eine wesentlich geringere Aromaveränderung der Weine hoffen lässt.

Nr.	Variante	pH	GS g/l	ÄS g/l	MS g/l	WS g/l	Calcium mg/l	Zitronensäure g/l
01	Kontrolle	3,5	8,4	5,6	/	1,0	318	0,31
02	CNI simultan	3,2	8,7	1,6	2,5	2,0	117	0,31
03	CiNe simultan	3,2	8,0	/	3,8	2,2	90	0,30
04	CNI konsekutiv	3,0	11,5	6,4	/	2,2	139	0,31
05	SK11 simultan	3,3	7,5	/	3,5	2,1	90	0,08
06	SK11 konsekutiv	3,3	7,7	/	3,3	2,2	106	0,07

Tabelle 8: FTIR Ergebnisse der fertigen Varianten 1

### 4.3.4. SO<sub>2</sub> Bedarf

Um einen Gehalt von etwa 40 mg/l freier SO<sub>2</sub> zu erreichen, benötigte die Kontrollvariante zwischen 10-20 mg/l mehr an gesamter SO<sub>2</sub> als die BSA Varianten. Wegen der unterschiedlichen Abschwefelungstermine kann hieraus jedoch keine pauschal geltende Aussage getroffen werden. Es bleibt jedoch festzuhalten, dass die Schwefelbilanz nach einem bakteriellen Säureabbau tendenziell günstiger ausfällt, was auf die bakterielle Umwandlung der BTS zur Milchsäure zurückzuführen ist. Doch wer weiß, welche SO<sub>2</sub>-Bilanz die Kontrollvariante aufweisen würde, wenn die Schwefelgabe hier zum selben Termin wie bei den übrigen Varianten hätte erfolgen können? Hätten reduktive Bedingungen dann zu einer Reduzierung schwefelbindender Inhaltsstoffe (insb. Acetaldehyd) geführt?

### 4.3.5. Flüchtige Säure

Die Bakterien führten in keiner Variante zu einer Erhöhung der flüchtigen Säure. Demnach wurde im vorliegenden Versuchsergebnis selbst bei gleichzeitigem Vorhandensein von großen Zuckermengen

keine Essigsäure durch die MSB produziert. Es sei aber daran erinnert, dass der BSA hier auf einem extrem niedrigen pH-Wert Niveau stattfand, bei dem nur Oenococcus Bakterien lebensfähig sind, die kaum zum anaeroben Zuckerabbau neigen. Treten jedoch Gärstörungen auf oder gewinnen Lactobazillen die Oberhand (bei hohem pH > 3,4), so steigt die Gefahr der Bildung flüchtiger Säure enorm an.

Proben Nr.	Variante	freie SO <sub>2</sub> mg/l	gesamte SO <sub>2</sub> mg/l	flüchtige Säure g/l	zuckerfr. Extrakt g/l	Glycerin g/l
01	Kontrolle	43	95	0,42	28,4	7,1
02	CN1 simultan	44	85	0,46	27,1	7,5
03	CiNe simultan	41	73	0,49	26	7,6
04	CN1 konsekutiv	38	83	0,48	29,5	7
05	SK11 simultan	40	78	0,49	25,5	7,3
06	SK11 konsekutiv	47	86	0,51	26,4	7,4

Tabelle 9: FTIR Ergebnisse der fertigen Varianten 2

#### 4.4. Kosten

Der Bruttopreis eines handelsüblichen Entsäuerungskalkes (Calciumcarbonat) liegt bei 1,07 € je Kilogramm<sup>49</sup>. Daraus ergeben sich Materialkosten von aufgerundet ½ Cent je Liter bei der Kontrollvariante, die insgesamt um 6,5 g/l mit kohlensaurem Kalk entsäuert wurde. Im Vergleich dazu sind die Kosten für BSA-Bakterien mit umgerechnet 3,2 - 4,2 Cent je Liter<sup>50</sup> rund 10-mal höher, ohne die evtl. entstehenden Heizkosten zu berücksichtigen. Dies schließt meiner Meinung nach deren Einsatz zur ohnehin eng kalkulierten Fassweinproduktion aus, da hier bereits mit geringen Gewinnspannen gearbeitet wird.

<sup>49</sup> Winzermarkt Ottmar Görgen, Piesport; 2010, Originalrechnung

<sup>50</sup> Weinlabor Karl Porn, Osann-Monzel; 2010, Originalrechnung

## 4.5. Sensorik

### 4.5.1. Befragung im Rahmen der Wintertagung 2011

An der Wintertagung 2011 durfte ich in einem Kurzvortrag über die Zielsetzungen und bisherigen Ergebnisse meiner Projektarbeit berichten. Dort nutzte ich die Möglichkeit, 4 ausgewählte Varianten einer Blindverkostung zu unterziehen, um so die Meinung einer relativ großen, fachlichen Jury einzufangen. Folgender Fragebogen wurde zuvor ausgeteilt und lag den Teilnehmern vor:

<b>Entsäuerungsversuch 2010er Riesling</b>	
Projektarbeit Mathias Mertes	
Verkostung nach Riesling-Typizität: "Welcher ist der Riesling typischste?"	
Proben Nr.	Entscheidung für...(bitte nur 1x ankreuzen!)
1	
2	
3	
4	
Bitte lassen Sie die Zettel einfach an Ihrem Sitzplatz liegen. Diese werden zur sensorischen Auswertung des Versuchs benötigt.	
Vielen Dank für Ihre Mithilfe!	

**Abbildung 13: Fragebogen**

Die Fragestellung nach Riesling-Typizität verlangte von den Teilnehmern, die Weine auf verschiedene Attribute (wie Körper/Fülle, Aroma, Säurestruktur) hin zu verkosten und am Ende den Wein anzukreuzen, der ihrer Meinung nach am Ehesten die Eigenschaften eines typischen Rieslings aufweist. Wohl wissend, dass die Definition eines „typischen Rieslings“ nicht bei jedem gleich ausfällt, stellte ich anhand einer Power-Point Folie meine Vorstellungen eines für Riesling erwartungsgemäßen Geschmacksbildes vor, um auf einen Nenner zu kommen. Dieser sollte folgende Weinstilistik aufweisen:

- klare, fruchtbetonte Sortenaromatik (Apfel, Citrus)
- feingliedrig, gradlinig
- spritzig, frisch (Kohlensäure)
- angenehm fordernde Säurestruktur

Der Schwerpunkt sollte dabei auf der Sortenaromatik liegen.

Proben Nr.	1	2	3	4	
Variante	03 CiNe simultan	05 SK11 simultan	06 SK11 konsekutiv	01 Kontrolle DS	<b>Teilnehmer- anzahl</b>
	86	65	19	12	<b>182</b>
	47,3%	35,7%	10,4%	6,6%	<b>100,0%</b>

**Tabelle 10: Auswertung der Verkostung im Rahmen der Wintertagung**

Das Ergebnis der Befragung ist in Tab.10 aufgelistet. Erstaunlich ist, dass lediglich 6,6% der Verkoster die chemisch entsäuerte Kontrollvariante als charakteristisch für Riesling empfanden. Auch die Beimpfung mit herkömmlichen Bakterien nach der alk. Gärung (Variante 06) schnitt mit 10,4% der abgegebenen Stimmen erwartungsgemäß schlecht ab. Bemerkenswert hingegen ist die Tatsache, dass sich über 1/3 der Befragten für die Variante 05 entschieden, die sich von Variante 06 nur durch einen früheren Einsatz der MSB unterscheidet. Dies zeigt, dass die Veränderung der Sortenaromatik durch eine simultane Beimpfung der Bakterien deutlich geringer ausfällt, als dies bei deren Einsatz nach der alk. Gärung der Fall ist. Dies würde die Theorie eines verstärkten Diacetyl-Abbaus (Kapitel 3.3.2) bei längerem Hefekontakt bekräftigen.

Fast die Hälfte der Verkoster kreuzte die Variante mit den Citrat-negativen Bakterien an. Somit wurde diese von der Mehrheit als besonders typisch für Riesling angesehen, wenngleich es für eine absolute Mehrheit nicht gereicht hat. Offenbar erwies sich die Sortenaromatik hier als besonders ausgeprägt, was maßgeblich auf die Zitronensäure-Schonung (Kap. 4.3.3) zurückzuführen ist.

#### **4.5.2. Rangordnungsprüfungen**

Um genauere Aussagen zur Intensität verschiedener Geschmackseindrücke treffen zu können, erfolgte eine weitere sensorische Auswertung der Varianten, diesmal nach der Rangziffermethode von F. Paul (1967). Als Prüfer fungierten meine Mitschüler, allesamt angehende Weinbautechniker des Jahrgangs 2010/2011. Es standen 4 Weine zur Probe, die der Reihe nach auf 4 unterschiedliche Parameter (Aromaintensität, Säureempfinden, Körper/Fülle, Riesling-Typizität) hin geprüft und geordnet werden sollten. Zu jedem Parameter erfolgte eine getrennte Abfrage. Die Prüfer mussten dabei jedem Wein eine persönliche Platzziffer (1-4) zuteilen, wobei die 1 die höchste und die 4 die niedrigste Übereinstimmung mit dem gefragten Attribut bedeutet. Dabei darf jede Platzziffer von einem Prüfer innerhalb einer Befragung nur einmal vergeben werden. Die hochgestellten Zahlen (Tab.11-14) stellt die Anzahl der Prüfer dar, welche sich bei dem jeweiligen Wein für die abgefragte Platzziffer gemeldet haben. Differenzen in Platz- oder Rangziffer verschiedener Varianten von  $\geq 1$  sichern die Unterschiede auf dem 5% Niveau signifikant ab.

<b>Säure- eindruck</b>	<b>01 Kontrolle</b>	<b>03 CiNe sim.</b>	<b>05 SK11 sim.</b>	<b>06 SK11 n.G.</b>
<b>1</b>	2 <sup>2</sup>	2 <sup>2</sup>	3 <sup>3</sup>	2 <sup>2</sup>
<b>2</b>	4 <sup>2</sup>	6 <sup>3</sup>	4 <sup>2</sup>	4 <sup>2</sup>
<b>3</b>	9 <sup>3</sup>	9 <sup>3</sup>	6 <sup>2</sup>	3 <sup>1</sup>
<b>4</b>	8 <sup>2</sup>	4 <sup>1</sup>	8 <sup>2</sup>	16 <sup>4</sup>
<b>PZ- Summe</b>	23	21	21	25
<b>PZ</b>	2,56	2,33	2,33	2,78
<b>RZ</b>	3,1	2,7	2,7	3,4

**Tabelle 11: Säureempfinden - Verkostung nach Rangziffermethode, 9 Prüfer**

Zu dem in Tab.11 gefragten Merkmal „Säurestärke/Säureempfinden“ sollten die Prüfer dem am sauersten schmeckenden Wein die 1 und dem weichsten Wein die 4 zuteilen. Als Ergebnis konnten dabei keine signifikanten Abweichungen zwischen den Varianten festgestellt werden. Lediglich Tendenzen lassen sich daraus ableiten, die aufgrund der geringen Rangziffer Unterschiede jedoch auch Zufalls bedingt entstanden sein könnten und somit keine allzu große Bedeutung zugewiesen werden kann: Den stärksten Säureeindruck hinterließen die beiden simultan beimpften BSA-Varianten (CiNe, SK11), am weichsten empfanden die Prüfer die konventionelle BSA-Methode (SK11 nach Gärung). Offenbar führt diese bislang fast ausschließlich praktizierte, herkömmliche Weise der Einleitung des bakteriellen Säureabbaus zu einer geschmacklich besseren Einbindung der Säure, welche in dem Zugewinn an Körper und Fülle (Tab.14) begründet sein könnte.



<b>Frucht/ Aroma</b>	<b>01 Kontrolle</b>	<b>03 CiNe sim.</b>	<b>05 SK11 sim.</b>	<b>06 SK11 n.G.</b>
<b>1</b>	2 <sup>2</sup>	3 <sup>3</sup>	4 <sup>4</sup>	0 <sup>0</sup>
<b>2</b>	6 <sup>3</sup>	8 <sup>4</sup>	0 <sup>0</sup>	4 <sup>2</sup>
<b>3</b>	3 <sup>1</sup>	3 <sup>1</sup>	0 <sup>0</sup>	21 <sup>7</sup>
<b>4</b>	12 <sup>3</sup>	4 <sup>1</sup>	20 <sup>5</sup>	0 <sup>0</sup>
<b>PZ- Summe</b>	23	18	24	25
<b>PZ</b>	2,56	2	2,67	2,78
<b>RZ</b>	3,1	2,3	3,3	3,4

**Tabelle 12: Frucht/Aromaintensität - Verkostung nach Rangziffermethode, 9 Prüfer**

Bei der Frage nach Aromaintensität musste dem fruchtigsten Wein die 1 und dem neutralsten Wein die 4 zugeordnet werden. Hierbei zeigte sich die Simultanbeimpfung mit Citrat-negativen Bakterien gesichert besser als beide SK11 Varianten und wies auch gegenüber der Kontrollvariante, wenn auch nicht signifikant, mehr Frucht auf. Zwischen den Beimpfungszeitpunkten (Var. 05 und 06) ließen sich im vorliegenden Beispiel keine Unterschiede feststellen.

<b>Riesling- Typ</b>	<b>06 SK11 n.G.</b>	<b>03 CiNe sim.</b>	<b>05 SK11 sim.</b>	<b>01 Kontrolle</b>
<b>1</b>	2 <sup>2</sup>	5 <sup>5</sup>	2 <sup>2</sup>	0 <sup>0</sup>
<b>2</b>	0 <sup>0</sup>	6 <sup>3</sup>	8 <sup>4</sup>	4 <sup>2</sup>
<b>3</b>	6 <sup>2</sup>	3 <sup>1</sup>	3 <sup>1</sup>	15 <sup>5</sup>
<b>4</b>	20 <sup>5</sup>	0 <sup>0</sup>	8 <sup>2</sup>	8 <sup>2</sup>
<b>PZ- Summe</b>	28	14	21	27
<b>PZ</b>	3,11	1,56	2,33	3
<b>RZ</b>	3,8	1,7	2,8	3,7

**Tabelle 13: Riesling Typizität - Verkostung nach Rangziffermethode, 9 Prüfer**

Ähnlich der Befragung an der Wintertagung (Kap. 4.5.1) bedarf es bei dieser Fragestellung der Bewertung des für Riesling charakteristischen Zusammenspiels der verschiedenen Geschmackseindrücke. Für eine sehr ausgeprägt Riesling - Art würde die 1 vergeben, einem für Riesling untypischen Geschmacksbildes die 4 zugeteilt werden. Der BSA mit dem Bakterium CiNe wird dabei gegenüber allen Varianten als signifikant besser bewertet. Sowohl der direkte Stammvergleich (Var.03 zu 05) als auch der Vergleich der Einsatztermine der Bakterien (Var.05 zu 06) ergab gesicherte Unterschiede. Dabei weist die Simultanbeimpfung (05) ein Mehr an Riesling - Typizität auf als die konsekutive Beimpfung (06) und die citrat negativen Bakterien (03) wiederum mehr als die konventionellen (05).

<b>Körper/ Fülle</b>	<b>06 SK11 n.G.</b>	<b>03 CiNe sim.</b>	<b>05 SK11 sim.</b>	<b>01 Kontrolle</b>
<b>1</b>	4 <sup>4</sup>	3 <sup>3</sup>	2 <sup>2</sup>	0 <sup>0</sup>
<b>2</b>	4 <sup>2</sup>	4 <sup>2</sup>	8 <sup>4</sup>	2 <sup>1</sup>
<b>3</b>	3 <sup>1</sup>	6 <sup>2</sup>	6 <sup>2</sup>	12 <sup>4</sup>
<b>4</b>	8 <sup>2</sup>	8 <sup>2</sup>	4 <sup>1</sup>	16 <sup>4</sup>
<b>PZ- Summe</b>	19	21	20	30
<b>PZ</b>	2,11	2,33	2,22	3,33
<b>RZ</b>	2,5	2,8	2,6	4,1

**Tabelle 14: Körper/Fülle - Verkostung nach Rangziffermethode, 9 Prüfer**

Eine weitere Fragestellung dieser Projektarbeit lautet sinngemäß, ob durch einen BSA ein Zugewinn an Körper und Fülle erreicht werden kann, bzw. wurde auch die Behauptung getroffen, dass chemische Entsäuerungsmaßnahmen zu dessen Verlust führen. Diese Annahme ließ sich nach der Rangziffermethode in Tab.14 gesichert nachweisen: Die im DS-Verfahren entsäuerte Kontrollvariante weist gegenüber den BSA-Varianten einen signifikant schlechteren Körper auf. Unterschiede zwischen den BSA-Varianten können jedoch nicht nachgewiesen werden, lediglich die Tendenz, dass die konventionellen Stämme einen etwas höheren Zugewinn an Fülle bringen als das Citrat-negative Bakterium.

## 5. Fazit

Das Ziel des Projektes war, einen Riesling, speziell in säurereichen Jahrgängen (siehe 2010), biologisch so zu entsäuern, dass er weder geschmacklich unter dieser Maßnahme leidet, noch die Weinstilistik dabei verändert wird. Den Schwerpunkt sollte dabei die Verwendung von Citrat-negativen Kulturen bilden, die mit konventionellen *Oenococcus oeni* Stämmen, die Citronensäure abbauen, verglichen wurden. Der Einsatzzeitpunkt (simultan oder konsekutiv) stellte eine weitere Variable in diesem Versuch dar. Als Gegenüberstellung diente die chemische Entsäuerung im Doppelsalz-Verfahren.

Meine Versuche haben gezeigt, dass bei Mosten mit pH-Werten unter pH 3,3 eine gleichzeitige Beimpfung von Reinzuchthefen und BSA-Starterkulturen möglich ist. Die Simultanbeimpfung führte zu keinen erhöhten Gehalten an flüchtiger Säure und der Verlauf der alkoholischen Gärung wurde nicht von der Anwesenheit der Bakterien beeinflusst. Hingegen wurden die Bakterien in der Angärphase der Hefe unterdrückt, konnten sich jedoch im Verlauf der alkoholischen Gärung an die gegebenen Bedingungen anpassen, so dass der BSA in Abhängigkeit von den Rahmenbedingungen frühzeitig nach der alkoholischen Gärung einsetzen und so eine Zeitersparnis erreicht werden konnte. In diesem Stadium war die Reduktionskraft der Hefen noch vorhanden, damit wurde ein Großteil des gebildeten Diacetyls sofort wieder reduziert. Deutlich wird dieser Sachverhalt in der wesentlich geringeren Beeinflussung des Sortencharakters im Vergleich zur Beimpfung im Anschluss an die alkoholische Gärung, obwohl bei beiden Varianten (SK11 simultan und konsekutiv) die Zitronensäure vollständig abgebaut wurde.

Die Citrat-Schonung der Citrat-negativen Kulturen wurde analytisch nachgewiesen und bestätigte sich auch in den sensorischen Verkostungen: Die Prüfer wiesen dem Präparat CiNe von Viniflora signifikant mehr Frucht und Riesling-Typizität zu, als den konventionellen *Oenococcus* Stämmen. Ein Substanzverlust wurde indes der chemischen Entsäuerungsvariante attestiert. Diese zog auch kellerwirtschaftliche Erschwernisse nach sich (pH-Wert↑, Kristallstabilität?).

Der BSA bei Weißwein stellt ein interessantes Instrument zur Geschmacksharmonisierung dar, bei dem, bei richtigem Einsatz, die Frucht der Weine erhalten und deren Komplexität gesteigert werden kann. Generell kann den Betrieben empfohlen werden, eigene Versuche mit biologischem Säureabbau bei allen Weißweinsorten durchzuführen und diese bei erfolgreichem Verlauf, besonders in Bezug auf die Akzeptanz durch die Kunden, auszuweiten.

Erklärung:

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Projektarbeit nur unter Zuhilfenahme der angegebenen Unterlagen und Informationsquellen angefertigt habe. Es ist mir bekannt, dass eine Zuwiderhandlung Konsequenzen in Bezug auf die Notengebung nach sich zieht.

..... den .....

.....

Unterschrift