

Mikrooxigenation I

Die Mikrooxigenation ist eine neue Weinausbau-Technik, bei der versucht wird, durch bedarfsgerechte Zudosierung von Luft beziehungsweise Sauerstoff zum jungen Wein sowohl die farbliche als auch die geschmackliche Entwicklung des Ausgangsmaterials zu optimieren. In diesem ersten von zwei Artikeln werden die den Oxidationsvorgängen zu Grunde liegenden chemischen und physikalischen Grundsätze in einer verständlichen Form dargestellt. Ausgehend vom Ausbau im Barrique Kleinholzfass – bei dem die Luftzufuhr zum Wein eine wesentliche Rolle spielt – werden Kriterien für eine Erfolg versprechende Sauerstoffdosierung abgeleitet und die Tücken bei der technischen Umsetzung erläutert.

KONRAD BERNATH, THOMAS FLÜELER UND TILO HÜHN,
HOCHSCHULE WÄDENSWIL
ULRICH HÖCHLI, WÄDENSWIL

Beim Weinausbau im Kleinholzfass stehen oftmals die Aromatisierungsaspekte im Vordergrund. Neben der Freisetzung von sensorisch wirksamen Substanzen aus dem Holz ist aber auch der dosierte Sauerstoff- (O_2) Eintrag in den Wein von grosser Bedeutung. Die Optimierung der Qualität erfolgt nicht nur über eine an das Traubenmaterial angepasste Extraktionstechnik, sondern auch über die Ausbautechnik. Ein Ausbau ohne dosierte Sauerstoffzufuhr ist nur für sehr spezielle Weintypen geeignet. Ziele der O_2 -Zufuhr sind:

- die Stabilisierung der Farbe und Farbvertiefung (beim Rotwein)
- die Gerbstoff-Verfeinerung (Rotwein)
- die Verhinderung von Bockser-Aromen (Rot- und Weisswein).

Bedeutung der Polyphenole

Farb- und Gerbstoffe des Weins gehören zur chemischen Stoffgruppe der Polyphenole. Neben den Rotweinfarbstoffen (Anthocyanidin-Glucoside) bestimmen auch Farb-Gerbstoffkomplexe die Farbe des Weins. Abbildung 1 zeigt modellhaft die für den Weinausbau relevanten Polyphenole, Abbildung 2 den Zustand der Polyphenole nach Ende der Gärung (zu Beginn der Ausbauphase).

Farbstoffe

Im Wein liegt nur ein kleiner Teil der Anthocyane in der farbigen Form vor. Je tiefer der pH-Wert der Weine, desto grösser wird der Anteil der Anthocyane, die im roten Bereich vorliegen. Wenn sich Anthocyane mit Gerbstoff verbinden, steigt der in der farbigen Form vorliegende Anteil der Anthocyanmoleküle an. Je nach Art der Verbindung weisen die Produkte eine gelbe, orange oder rote Färbung auf.

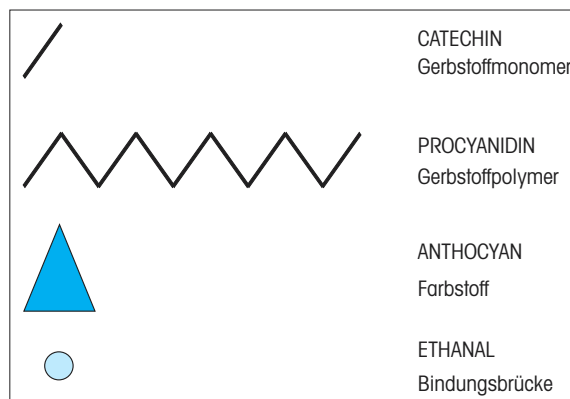


Abb. 1: Für den Weinausbau relevante Polyphenole.

Gerbstoffe

Die Gerbstoffe des Weins sind mehr oder weniger reaktiv, das heisst ihre Bereitschaft zum Beispiel mit den Proteinen des Speichels zu reagieren ist mehr oder weniger ausgeprägt. Je stärker diese Reaktion, desto aggressiver und trocknender wird der Gerbstoff im Gaumen wahrgenommen. Die Gerbstoffmoleküle liegen als Einzelbausteine oder verknüpft als Ketten unterschiedlicher Länge vor. Die Kettenlänge wird als Polymerisationsgrad bezeichnet. Ein geringer Polymerisationsgrad ist gleichbedeutend mit einer kurzen Kette.

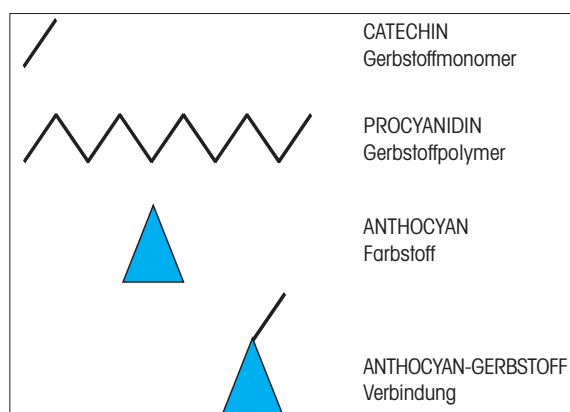


Abb. 2: Zustand der Gerb- und Farbstoffe nach der alkoholischen Gärung.

Die Aggressivität der Gerbstoffe wird vom Polymerisationsgrad und (bei gleichem Polymerisationsgrad) von der räumlichen Anordnung der Gerbstoffketten beeinflusst. Diese Anordnung wird stark von der Art der Verknüpfung beeinflusst. Nicht verzweigte Ketten sind reaktiver als stark verzweigte Ketten. Einige Weinkolloide (Polysaccharide und Proteine) besitzen gegenüber Gerbstoff einen «Verpackungseffekt» und vermindern die Reaktivität des Gerbstoffs: Er wirkt sensorisch «samtiger».

Polyphenole in der Wein-Ausbauphase

Anthocyan-Moleküle sind farblich instabil. Eine Modelllösung von Weinfarbstoffen entfärbt sich in vier Wochen auch ohne O₂-Zufuhr. In der Ausbauphase des Weins muss deshalb gezielt die Verbindung der Farbstoffe mit den Gerbstoffen gefördert werden. Wichtig sind die Verbindungen über Ethanalbrücken. Zur Bildung von Ethanal (Acetaldehyd) braucht es Sauerstoff. Das über Ethanalbrücken verbundene Anthocyanmolekül ist weniger anfällig und die Rotfärbung intensiver. Wird in der Ausbauphase dem Wein kein O₂ zugeführt, so werden sich die Anthocyane mit dem Gerbstoff nicht über Ethanalbrücken, sondern direkt verbinden. Solche Verbindungen besitzen eine ziegelrot-orange Färbung.

Je weiter die Ausbauphase (mit oder ohne O₂) vangeschritten ist, desto grösser ist der Anteil an höher polymerisierten Phenolen. Längere Gerbstoffketten reagieren vor allem direkt mit anderen Polyphenolketten oder mit den Anthocyanen. Die Bereitschaft zur Verbindung über Ethanalbrücken ist relativ klein. Das hat zur Folge, dass – falls nicht im Jungwein durch O₂-Zufuhr die Verbindung der Polyphenole über Ethanalbrücken gefördert wurde – dies in einem späteren Ausbaustadium nicht nachgeholt werden kann.

Unmittelbar nach der Gärung ist der Anteil an ionisch geladenen Anthocyanen (Flavylumform) am grössten, da der pH-Wert tief ist und erst ein kleiner Anteil der Anthocyane mit Gerbstoff verbunden ist. Zu diesem Zeitpunkt herrschen im Wein wegen der noch grossen Hefepopulation stark reduktive Verhältnisse. Um ein weiteres Absinken des Redoxpotenzials und damit die Entstehung von Bockser-Aroma oder deren Vorstufen zu verhindern, muss O₂ zugeführt werden.

Farbstabilisierung beim Ausbau ohne Sauerstoffzufuhr

Ein freier SO₂-Gehalt der Weine von zirka 40 mg/l in der frühen Ausbauphase bietet zwar den Anthocyanen Schutz vor Abbaureaktionen, verhindert aber weitgehend Vorgänge, die zu einer Farbvertiefung und -stabilisierung führen. Ohne O₂ erfolgt die Kettenverlängerung der Gerbstoffmoleküle oder die Verbindung der Farbstoff- mit den Gerbstoffmolekülen wie erwähnt ohne Ethanalbrücken. Dabei entstehen gestreckte Moleküle. Die Aggressivität des Gerbstoffs wird nicht vermindert, die Farbintensität und die Rotfärbung nehmen ab, die Gelbfärbung zu.

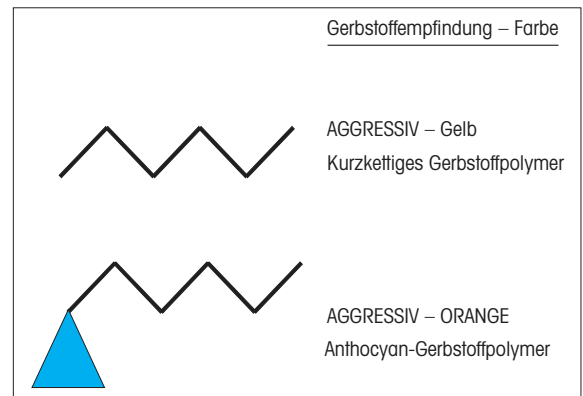


Abb. 3: Zustand des Weins nach reduktivem Ausbau.

Die Weine wirken optisch und sensorisch gereift bis ältlich. Der Zustand einiger relevanter Inhaltsstoffe nach reduktivem Ausbau ist in Abbildung 3 dargestellt.

Weinausbau mit Sauerstoff

Die Mikrooxygenation unterscheidet sich deutlich vom oxidativen Ausbau gewisser Spezialweintypen (z.B. Banyuls Rancio). Beim Ausbau des Rancio erfolgt über mehrere Jahre ein Eintrag von O₂ über die Weinoberfläche. Bedingt durch den lang andauernden Kontakt mit Luftsauerstoff wird in grossen Mengen Alkohol zu Acetaldehyd oxidiert. Der Acetaldehyd reagiert weiter und die Produkte prägen entscheidend die Aromatik des Weins (nussiges Aroma). Gleichzeitig werden die Anthocyane grösstenteils oxidiert. Der Wein verliert seine rote Farbe und wird braun. Bei der Mikrooxygenation hingegen erfolgt die Sauerstoffzufuhr in dosierten Mengen. Im Wein ist die Sauerstoffkonzentration nie höher als 0,5 mg/l. Das gebildete Acetaldehyd reichert sich nicht an, sondern fördert die Polymerisierung der Polyphenole. Sensorisch werden die Weine nicht von den Reaktionsprodukten des Acetaldehyds, sondern von der Fruchtaromatik geprägt.

Barriqueausbau

Umfangreiche, praktische Erfahrungen zum Einfluss von O₂ konnten mit dem Ausbau von Rot- und Weissweinen im Kleinholzfass (ca. 220–230 l) gesammelt werden. Dabei werden dem Wein auf natürlichem Weg ständig geringe O₂-Mengen zugeführt. Er wird zudem durch die Holzkomponenten sensorisch geprägt. Der Sauerstoffzutritt pro Jahr beträgt zirka 60 mg/l. Der Eintrag findet durch die Fassdauben statt, wenn im verschlossenen Fass durch den Weinschwund ein Unterdruck entsteht. Dazu werden die Kleinholzfässer beim Rotweinausbau dicht verschlossen. Im ersten Jahr werden sie periodisch alle drei bis vier Monate und im zweiten Jahr alle vier bis sechs Monate nachgefüllt. Bei einem jährlichen Schwund von zirka 5% entsteht also von einem Auffülltermin zum nächsten im Fass ein Leerraum von zirka zwei bis fünf Litern. Dies erzeugt zusammen mit dem Sauerstoffverbrauch des Weins ein Vakuum. Der Unter-

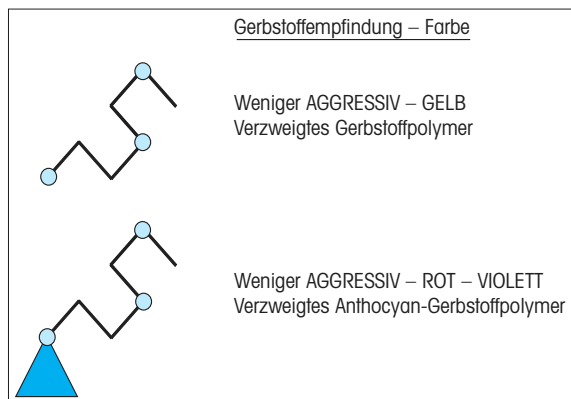


Abb. 4: Zustand des Weins nach mikrooxidativem Ausbau.

druck und damit das Einziehen von Umgebungsluft in das Innere ist um so grösser, je grösser der Weinschwund und der Sauerstoffverbrauch sind. Die Sauerstoffkonzentration in der im Fass entstehenden Gasblase ist aber klein, weil das O_2 der langsam einströmenden Umgebungsluft ständig von den Oxidationsprozessen im Wein verbraucht wird. Demzufolge muss im mit der Gasblase in Kontakt stehenden Wein im Normalfall keine Bildung von Kahlhefen oder Essigbakterien erwartet werden. Bekanntlich ist der Schwund unmittelbar nach der Füllung am grössten. Durch die «Abdichtung» der Holzoberfläche mit Weinkomponenten, die während des Ausbaus ausfallen, nimmt er allmählich ab. Diese Abdichtung ist umso ausgeprägter, je grösser der Feintrubgehalt ist. Der Sauerstoffeintrag in den Jungwein ist also in der Anfangsphase am grössten und nimmt dann ab, geht aber nie auf Null zurück.

Die Phase der kontinuierlichen Sauerstoffzufuhr wird in der Praxis unterbrochen, entweder durch einen Umzug in einenahltank, womit gleichzeitig eine Assemblierung und Homogenisierung der Weine erfolgt, oder durch die Abfüllung. Der Zustand der relevanten Inhaltsstoffe nach Ausbau unter mikrooxidativen Bedingungen ist in Abbildung 4 dargestellt.

Ziele des Barriqueausbaus

Bei Rotweinen werden die Verfeinerung des Gerbstoffs, die Farbstabilisierung und die Erhöhung der Aromaintensität und Komplexität angestrebt. Je nach Weintypenprofil steht dabei das eine oder andere Ziel im Vordergrund. Voraussetzung für einen erfolgreichen Kleinholzfass-Ausbau ist aber ein ausreichender Gerb- und Farbstoffgehalt des Jungweins.

Eignung von Weintypen

Weine mit geringem Gerb- und Farbstoffgehalt («leichte Rotweine») bieten nicht genügend Reaktionspartner für den beim Barriqueausbau zwangsläufig vorhandenen Sauerstoff. Deshalb werden solche Weine nach kurzer Zeit oxidiert. Die Oxidation beschränkt sich nicht auf die Polyphenole, sondern erfasst auch die Aromastoffe. Sowohl der gesamte Sauerstoffeintrag über die Ausbaudauer als auch die Eintragsrate muss bei diesem Weintyp geringer sein als

beim Barriqueausbau, für den Standardwerte bekannt sind.

Möglichkeiten der Sauerstoffzufuhr

Die aktive Sauerstoffzufuhr soll nach der Gärung beziehungsweise nach dem Abpressen der Maische, spätestens aber nach dem biologischen Säureabbau beginnen und kontinuierlich erfolgen. Der Erfahrungshintergrund für die Sauerstoffzufuhr ist bei leichten Rotweinen naturgemäss kleiner als bei Weintypen, die traditionell im Barrique ausgebaut werden. Ausgehend vom Barriquemodell muss der Eintrag zu Beginn am grössten sein und im Verlaufe der weiteren Ausbauphasen reduziert werden können. Die Zufuhr wird so geregelt, dass der Gehalt an gelöstem O_2 im Wein immer niedrig bleibt ($<0,5\text{mg/l}$). Wichtig ist eine kontinuierliche analytische und degustative Überwachung. Dabei liefern die Farbintensität und die Farbnuance (Rot-/Gelbanteil) wertvolle Informationen. Eine zunehmende Farbvertiefung (vergleichbarer Gehalt an freier SO_2 vorausgesetzt), die auf eine Zunahme der Rot- und Gelbanteile zurückzuführen ist, liefert den Hinweis, dass noch nicht zuviel O_2 zugeführt wurde.

Sauerstoffzufuhr mittels Fritte

Die Zufuhr von Umgebungsluft (ca. 20% Sauerstoff und 80% Stickstoff) über eine Fritte zum Wein ist nicht empfehlenswert. Der inerte Stickstoff kann vom Wein nicht wie Sauerstoff absorbiert werden. Die Grösse und somit die Aufstiegsgeschwindigkeit der Gasblase verringert sich damit während des Aufstiegs kaum. Die Blasen geben wenig O_2 ab, nehmen aber einen Teil der Aromastoffe des Weins auf und geben sie beim Platzen an der Weinoberfläche an die Kellerluft ab. Eine deutliche Aromaverminderung ist die Folge. Dies trifft auch bei sehr hohen Tanks zu.

Statt Luft muss also reiner Sauerstoff zugefügt werden. Bei genügend kleinen Gasblasen und/oder langer Aufstiegsstrecke (hoher Tank) treten keine Blasen an der Oberfläche aus. Der Sauerstoff tritt beim Aufstieg in den Wein über. Die Blasen werden kontinuierlich kleiner und lösen sich schliesslich auf. Somit ist ein Verlust von Aromastoffen ausgeschlossen. Voraussetzung für kleine Blasen ist eine Fritte mit geringer Porengrösse ($<0,5\text{ }\mu\text{m}$) und ein Mindestgasdurchfluss. Bei zu kleinem Gasdurchfluss lösen sich die Blasen an der Frittenoberfläche nicht rechtzeitig ab und vereinigen sich wieder. Die erforderlichen Durchflussraten verunmöglichen eine kontinuierliche Zufuhr, da das Angebot den O_2 -Bedarf des Weins deutlich überschreiten würde. Deshalb erfolgt die Sauerstoffzufuhr impuls gesteuert mittels volumetrischer Dosierung.

Ein weiteres Problem kann der CO_2 -Gehalt des Weins darstellen. Er sollte unter 500 mg/l liegen. CO_2 tritt in die Gasblasen über und erhöht deren Aufstiegsgeschwindigkeit, was wiederum die Diffusion des Sauerstoffs in den Wein verringert. Durch die verstärkte Blasenbildung kann es vor allem im Anschluss an die Gärung zu unerwünschter Schaumbildung kommen.

Sauerstoffzufuhr mittels Silikonschlauch

Kunststoffschläuche sind in der Regel nicht gasdicht, sondern lassen O₂ durchtreten. Dies kann beim Zudosieren von Sauerstoff zum Wein ausgenutzt werden. Die Zufuhr von O₂ durch einen Silikonschlauch erfolgt so langsam, dass an der Schlauchoberfläche keine Blasen beobachtet werden können. Das austretende Gas wird fortlaufend gebunden. Überlegungen zu Steighöhe und Blasengröße sind damit hinfällig. Der Eintrag kann über die Schlauchlänge und den Differenzdruck stufenlos reguliert werden. Die Sauerstoffzufuhr via Silikonschlauch setzt demzufolge auch nicht wie bei der Fritte ein vorgängiges Austreiben von CO₂ aus dem Wein voraus. Durch die Unempfindlichkeit des Systems gegenüber erhöhten CO₂-gehalten ist eine gezielte Sauerstoffzufuhr schon in einer frühen Phase des Ausbaus, zum Beispiel unmittelbar nach der Gärung oder während des BSA möglich.

Auswirkungen auf das Auftreten von Bockser-Aroma

Der offene Umzug von Jungwein ist eine verbreitete Massnahme, um das Auftreten von Bockser-Aroma zu verhindern oder eine schon festgestellte Belastung zu verringern. In der Praxis wird beim Weinausbau meistens nicht präventiv, sondern erst nach dem Auftreten des Fehlparomas belüftet. Die Beeinflussung des Bockser-Aromas durch Oxidation beruht auf mehreren Reaktionen:

- Im Wein vorhandene Mercaptane (Verbindungen mit einer Schwefel- (SH-) Gruppe werden zu Disulfiden oxidiert (z.B. Ethylmercaptan zu Diethyl-disulfid). Disulfide sind zwar auch übel riechend, ihr Geruchs-Schwellenwert ist aber gegenüber Mercaptanen meist deutlich erhöht.

- Phenole oxidieren zu Chinonen, die sich an die Mercaptane im Wein binden. Das entstehende Produkt ist nicht flüchtig und damit nicht geruchsaktiv.
- Mercaptane reagieren mit der Aminosäure Cystein der Hefezellwand unter Bildung eines nicht flüchtigen Disulfids. Diese Reaktion ist nur in einem nicht allzu reduktiven Wein möglich.

Die oben beschriebenen Reaktionen sind meist reversibel. Die Mercaptane können in einem sauerstoffbedürftigen Wein wieder freigesetzt werden und ein Bockser-Aroma verursachen.

Literaturverzeichnis

- Schneider V.: Mikrooxidation junger Rotweine Teil IV: Die natürliche Sauerstoffaufnahme. Das deutsche Weinmagazin 6, 2001.
- Sefton A.M., Skouroumounis K.G., Massy-Wetrop R.A. und Williams P.J.: Norisoprenoids in vitis vinifera white wine grapes and the identification of a precursor of damascenone in these fruits. Aust. J. Chem. 42, 2071–2084, 1989.
- Singleton V.L.: Oxygen with phenols and related reactions in musts, wines and model systems: observations and practical implications. Am. J. Enol. Vitic. 38, 69–77, 1987.
- Timberlake C.F. und Bridle P.: Interactions between anthocyanins phenolics compounds and acetaldehyde, and their significance in red wines. Am. J. Enol. Vitic. 27, 97–105, 1976.
- Vivas N. und Glories Y.: Les phénomènes d' oxydo-réduction liés à l' élevage en barrique des vins rouges: aspects technologiques. Rev. Fr. Oenol. 142, 33–38, 1993.
- Vivas N., Glories Y., Lagune L., Saucier C. und Augustin M.: Estimation du degré de polymérisation des procyanidins du raisin et du vin par la méthode au p-Diméthylaminacinnamaldéhyde. Journ. Intern. Sc. Vigne et du Vin 4, 319–336, 1994.
- Moutounet M., Ducourneau P., Chassin M. und Lemaire T.: Appareillage d' apport d' oxygène aux vins. Son intérêt technologique. CR. du 5e Symposium international d' oenologie, 411–414, 1995.
- Potartier P.: Recherches sur les conditions d'élevage des vins rouges. Rôle des phénomènes oxydatifs. Thèse de docteur-ingénieur, Université de bordeaux II, 1981.

RÉSUMÉ

Microoxygénation I

La première partie de cet article en deux volets consacré à l'apport ciblé d'oxygène en cours de vinification (microoxygénation), expose les bases de la stabilisation de la couleur et des tannins, ainsi que de la prévention du goût d'œuf pourri. Les enseignements obtenus lors de l'élevage en barrique peuvent servir de référence pour le dosage de l'oxygène dans d'autres types de vin. L'article défend clairement la position qu'un élevage du vin sans utilisation ciblée de l'oxygène ne permet pas d'en exploiter le potentiel à fond.

Informations sous: e-mail: k.bernath@bswzfb.ch, site Web: www.beverages.ch