

Die Rolle des Sauerstoffs in der Weinbereitung

Jörg Weiland, DLR Rheinhessen-Nahe-Hunsrück, Dienstsitz Oppenheim

„Es ist der Sauerstoff, der den Wein macht. Durch seinen Einfluß reift er.
Der Sauerstoff verändert den Geschmack, das Bukett und die Farbe des Weines“
(L. Pasteur, 1822-1895)

Die Erkenntnisse über den Einfluß des Sauerstoffs in der Weinbereitung sind älter als oft vermutet und Sauerstoff aus der Luft beeinflusste traditionell bei der Lese, Kelterung, Abstich und Holzfaßausbau die Weinbereitung.

Die Minimierung bzw. Förderung der Sauerstoffwirkung durch Schwefel oder Abstich über Luft ist heute durch den Einsatz von Ascorbinsäure oder Überlagerung mit Stickstoff oder CO₂ (auch aus Trockeneis) beziehungsweise durch die Zulassung von reinem Sauerstoff wie auch durch die Anwendung neuer Technologien mit Sauerstoffeinfluß erweitert.

Neue Erkenntnisse über Aromenzusammensetzung verschiedener Rebsorten in Most und Wein legen eine differenziertere Betrachtung des Sauerstoffeinfluß nahe.

Trauben und Maischeverarbeitung

Bereits im Weinberg nutzen die Mikroorganismen den verfügbaren Sauerstoff für ihre Stoffwechselvorgänge. Somit kann bei eintretender Fäulnis durch Essigsäurebakterien bereits Essigsäure gebildet werden. Diese läßt sich nur durch selektive Lese ausschließen.

Gelangen die Trauben in den Maischewagen, kann die Phenoloxidation beginnen und die Bildung flüchtiger Säure fortgesetzt werden. Durch eine richtig durchgeführte Maischeschwefelung mit guter Verteilung können bereits Enzyme in ihrer Aktivität gehemmt werden. Dabei läßt sich das Enzym Tyrosinase, welche die Phenole oxidiert, durch Schwefelung stark hemmen. Die Laccase, welche zur Oxidation der Farbstoffe beitragen kann, wird durch Schwefelung kaum beeinflusst.

Der Sauerstoff zur Essigsäurebildung kann durch Schwefel gebunden werden.

Auch während der anschließenden Kelterung besteht weiter ein Sauerstoffeinfluß der sich durch vorhergehende Maischeschwefelung oder Zusatz von Trockeneis in Tankpressen reduzieren läßt.

Mostvorklärung

Mostvorklärung auf Resttrubgehalte unter 0,6 Gew.% ist die Voraussetzung zur Vergärung frischer, feifruchtiger Weiss- und Rosée-Weine. Dabei ist sowohl beim Separatoreinsatz und intensiver bei der Sedimentation durch die Standzeit ein Sauerstoffeinfluß gegeben. Beim Einsatz eines Vakuumdrehfilters oder der Flotation ist dieser Einfluß noch viel stärker. Zur Flotation kann allerdings auch Stickstoff anstelle der Luft als Flotationsgas Verwendung finden.

Der in der Luft enthaltene Sauerstoff führt zu einer Mostoxidation und damit zu einer Phenolreduktion. Diese beträgt etwa 30-50 mg/l (Gesamtphenolbestimmung nach Folin Ciocalteu). Dabei werden vor allem Coumarsäure und Caftarsäure durch Oxidation zum Caftarsäurechinon vermindert.

Durch den Einsatz von Stickstoff als Flotationsgas läßt sich das Prinzip der Mostvorklärung durch aufsteigende Gasbläschen von der Mostoxidation trennen. Der Sauerstoffeinfluß wird dabei minimiert.

Eine Maische- oder Mostschwefelung mit 50 mg/l SO₂ reduziert wiederum diesen oxidativen Effekt, kann ihn aber nicht gänzlich unterbinden.

Mit Luft flotierte Weine werden in der Regel als weicher, glätter mit geringerer Adstringenz sensorisch beschrieben, als mit Stickstoff flotierte Weine.

Durch die Wahl des Flotationsgases kann also bereits im Moststadium ein gezieltes Phenolmanagement betrieben werden.

Auch eine Analyse der aromarelevanten Monoterpene ergibt keine reduzierten Gehalte an Linalool oder Terpeneol bei mit Luft flotierten Weinen im Vergleich zum Einsatz von Stickstoff als Flotationsgas. Lediglich Geraniol wird moderat durch Flotation mit Luft bei Riesling reduziert.

Oxidationsempfindliche Aromastoffe, zum Beispiel flüchtige Thiole des Sauvignon blanc (4-MMP,4-MMPOH,3-MH), können mitunter bereits durch ein zuviel an Sauerstoff bei Kelterung oder der Mostvorklärung vermindert werden. Daher ist der Einsatz von Sauerstoff oder Stickstoff bei der Flotation im Hinblick auf Rebsortenstilistik, insbesondere bei Sauvignon blanc und Scheurebe noch genauer zu differenzieren. Auch der Effekt einer Maischeschwefelung ist hier noch zu betrachten.

Hefewachstum

Sauerstoff ist in der aeroben Phase für die Vermehrung der Hefen von Bedeutung. Er sorgt für die Biosynthese von Lipiden und Sterolen und ungesättigten Fettsäuren und ist essentiell für die Permeabilität der Zellmembran. Sauerstoffmangel führt zu einer Hemmung der Fettsäure- und Sterolbiosynthese und somit zu einer geringeren Membranaktivität verbunden mit geringerer Alkoholtoleranz und Lebensfähigkeit der Zelle. Eine Sauerstoffdosage zum Ende der Hefewachstumsphase (Tag 3-4) steigert die Lebensfähigkeit der Zelle und führt zu einer besseren Gärkinetik zum Gärende.

Die Hefestämme reagieren, ähnlich wie bei Temperatur und Nährstoffen, durchaus unterschiedlich sensibel auf den Faktor Sauerstoff.

Eine Sauerstoffdosage zum Gärende mit dem vermeintlichen Ziel der Behebung einer Gärstörung ist nicht sinnvoll. Die Hefen werden in einer anaeroben Phase mit Sauerstoff konfrontiert und müssen dann wieder ihren Stoffwechsel umstellen. Dies kann sogar die Gärung noch stärker hemmen. Hier sind Temperaturanhebung und eventueller Nährstoffzusatz sinnvolle Maßnahmen.

Nach der Gärung sorgt zunächst die Reduktionskraft der Hefe durch ihren Sauerstoffkonsum für einen geringen Sauerstoffeinfluß. Wird die Hefe aufgerührt, besteht durch die Verteilung ein noch besserer Schutz.

Erst durch Maßnahmen der Vinifikation wie Pumpen, Abstich und Filtration oder nicht spundvolle Gebinde entsteht erneuter Sauerstoffeintrag. Die sinnvolle Kombination und schonende Durchführung dieser Maßnahmen reduziert den Sauerstoffeinfluß.

Abstich, Transport, Filtration, Füllung

Weine aus Rebsorten wie Traminer oder Sauvignon blanc mit sauerstoffsensiblen Aromastoffen sollten auch im weiteren Ausbau möglichst schonend ohne Sauerstoffeinfluß vinifiziert werden. Neben dem für alle Weißweine zu vermeidenden CO₂-Verlust, kann der Sauerstoffkontakt zur Reduktion der aromarelevanten flüchtigen Thiole (z.B. Maracuja, Grapefruit) führen. Auch der Einsatz von Kupfersulfat zur Bockserbeseitigung hat diesen Effekt.

Spundvolle Gebinde, ausreichende Kontrolle und Einstellung der freien schwefligen Säure, Vorspannen mit CO₂ oder Stickstoff sowie der Einsatz von Ascorbinsäure (Reduktone bestimmen) sind Maßnahmen eines reduktiven Ausbaus.

Der bekannte Nutzen des Sauerstoffs zur Bockserbeseitigung in Form des Abstichs über Luft wirkt hier kontraproduktiv. Somit ist der Bockservorbeugung durch ausreichende Nährstoffdosage bei solchen Rebsorten besonderes Augenmerk zu schenken.

Sauerstoff in der Rotweinbereitung

Deutlich anders ist der Sauerstoffeinfluß in der Rotweinbereitung zu beurteilen. Neben der Beseitigung von Bocksern und der Entfernung von Kohlensäure durch Lüften steht vor allem die Farbstoffstabilisierung und die Förderung der Rotweinreifung durch Polymerisation von Tannin- und Anthocyanmolekülen zu Farbpigmenten höheren Molekulargewichts im Vordergrund.

Dies ist in der Regel mit gar keiner oder nur äußerst geringer Schwefelung verbunden. Ein Schwefelzusatz bei der Maischegärung zielt vor allem auf die geringere Bildung von Essigsäure in der Angärphase und ist zum Gärnde im der Regel bereits abgebunden. Eine Sauerstoffdosage bereits in der Maischegärphase kann bei gesundem Lesegut durchaus schon einen positiven Effekt im Hinblick auf die genannte Gerbstoffharmonisierung und die Farbstabilisierung zeigen.

Dies kann vor der Mikrooxigenierung zunächst auch durch einen Abstich über Luft gefördert werden, bei dem bei maximaler Sauerstoffsättigung etwa 8 mg/l Sauerstoff aufnehmbar sind. Hierzu kann durch einen nicht ganz geöffneten Kugelhahn oder über ein Sieb in eine Bütte abgestochen werden. Weiterhin läßt sich dazu ein Sinterrohr einsetzen, welches bei nicht ganz geöffnetem Kugelhahn durch das entstehende Vakuum Sauerstoff einzieht. Auch eine vorhandene Flotationsanlage läßt sich zum Abstich mit Luft nutzen. Sowohl Anlagen die nach dem Venturiprinzip arbeiten als auch Anlagen mit Kompressor sind dazu einsetzbar.

Der zugeführte Sauerstoff wird in das sehr reaktionsfreudige Wasserstoffsuperoxid (H_2O_2) überführt, indem die benachbarten OH-Gruppen eines Phenolmoleküls ihren Wasserstoff auf den Sauerstoff übertragen. Dieses Wasserstoffsuperoxid kann Alkohol zu Acetaldehyd oxidieren. Das gebildete Acetaldehyd ist ebenfalls sehr reaktionsfreudig und kann sich an das farblose Phenolmolekül, z.B. Catechin anlagern. Dabei beschleunigt es die Verbindung mit einem rotgefärbten Anthocyan, was in Anwesenheit von Acetaldehyd etwa viermal schneller erfolgt als bei einer reduktiven, sauerstoffarmen Ausbauweise. Durch diese Polymerisation wird eine geschmackliche Reifung (Reduktion der bitteren, harten Adstringenz), eine Farbintensivierung, wie auch eine Stabilisierung der Farbmoleküle gegen die Ausbleichung durch schweflige Säure erreicht.

Versuche zeigen bereits deutliche Vorteile im Rahmen der sensorischen Beurteilung als auch in der Farbe für einen einfachen Abstich über Luft. Es ist die einfachste und erste Maßnahme nach dem Gärnde, die neben einer Beseitigung eventueller Bockser, den Austrag von Gärungskohlensäure fördert und gleichzeitig früh den benötigten Sauerstoff zur Polymerisation einbringt. Die Entfernung der Gärungskohlensäure ist auch die Voraussetzung für eine weitere Sauerstoffzufuhr in Form der Mikrooxigenierung. Sonst verbindet sich der eingebrachte Sauerstoff mit Kohlensäurebläschen und entweicht wieder.

Seit der Zulassung reinen Sauerstoffs in der EU-VO 1622/00 v. 24.7.2000 und der Entwicklung von entsprechend geeigneten Dosageeinheiten und feinstperligen Dosagefritten wird verstärkt auch reiner Sauerstoff eingesetzt. Dies kann sowohl recht kurzfristig im Rahmen von höheren Dosagemengen (5-8 mg/l*Tag, Makrooxigenierung) als auch in längerfristigen Zeiträumen mit entsprechend geringeren Dosagemengen (5-20 mg/l*Monat) erfolgen (Mikrooxigenierung).

Mikrooxigenierung bei Rotwein

Die Mikrooxigenierung (MOX) hat das Ziel, den reinen Sauerstoff in geringen Dosagen (5-15 mg/l*Monat) über einen längeren Zeitraum (1-2 Monate) dem Wein so zuzuführen, daß er vollständig gelöst wird und keine Sauerstoffbläschen entweichen. Dies setzt voraus, daß zum einen sehr kleine Gasbläschen in den Wein entlassen werden und zum anderen die Gebindehöhe mindestens 2,5 m beträgt. Die Mikrooxigenierung eignet sich vor allem für Betriebe mit größeren Rotweinemengen bei denen aufgrund ihres Holzfaßmangels eine Sauerstoffdosage in alternative Gebinde nahe liegt. Die vorliegenden Gebindegrößen ermöglichen 2,5 m Steighöhe und reduzieren die Kosten/Liter aufgrund der Fixkostendegression bei diesen großen Gebindeeinheiten.

Gut geeignet für die Mikrooxigenierung sind Weine mit viel Gerbstoff und viel Anthocyanen, so daß durch das ausgewogene Verhältnis viel Acetaldehyd gebildet wird aber auch rasch durch die Polymerisation verbraucht wird. Solche Weine erhalten wir aus Rebsorten wie Dornfelder, Regent, Cabernet Sauvignon, C. Dorsa, C. Mito oder Merlot nach längerer Maischegärung. Bei Spätburgunder-Weinen mit hohem Gehalten an Catechin und Epicatechin (14 T Maischegärung, Kernextraktion) und begrenzter Farbtiefe kann bei zu hoher Sauerstoffdosage zu viel Acetaldehyd gebildet werden, und dadurch zu einer Braunfärbung der Anthocyane kommen.

Nicht geeignet für die MOX sind Weine mit wenig Gerbstoff und wenig Farbe wie Portugieser, Spätburgunder, St. Laurent und Schwarzriesling mit kurzer Maischegärung oder nach Maischeerhitzung. Bei Rebsorten wie Portugieser, Schwarzriesling oder bei geringer Extraktion durch zu kurze Maischegärung oder Maischeerhitzung liegen nur wenige Phenole mit benachbarten OH-Gruppen vor (z.B. Catechin, Epicatechin, Gallussäure). Dann kann nur wenig Acetaldehyd gebildet werden und die Polymerisierung schreitet trotz Anwesenheit von Sauerstoff langsamer vor sich. Dieses Defizit läßt sich durch Verlängerung der Maischegärung, Saftentzug oder einem Zusatz von oenologischen Tanninen ausgleichen. Die darin enthaltenen Mengen an Gallussäure oder Ellagtanninen aus der Extraktion von Galläpfeln oder Eichenholz beschleunigen die gekoppelte Oxidation von Ethanol zu Acetaldehyd deutlich. Hierin ist der eigentliche Sinn der oenologischen Tannine zu sehen, die daher auch möglichst früh (nach Gärung) zugesetzt werden sollten. Ein Zusatz kurz vor der Füllung schließt die oben genannten Effekte der sauerstoffbedingten Polymerisation aus.

Die dosierte Menge und die Dauer der Dosage in den schwefelfreien Wein ist an der sensorischen Beurteilung des Weines auszurichten. Dabei sind der gewünschte Weintyp, die Rebsorte, die Ausstattung mit Phenolen und Anthocyanen, wie auch ein eventueller Tanninzusatz zu berücksichtigen.

Bei Spätburgunder nach Maischegärung können Dosagemengen zwischen 4-8 mg/l*Monat max. ca. 40 Tage ausreichend sein. Durch Saftentzug oder auch langer Maischegärung kann Dichte und Komplexität und auch das Sauerstoffaufnahmevermögen erhöht werden. Ein Dornfelder mit Tanninzusatz oder nach starker Ertragsreduktion im Weinberg und Maischegärung verträgt auch 10 mg/l*Monat etwa 1,5 Monate lang. Die Dosage kann bei Weinen der Rebsorte Regent mit entsprechender Struktur auch 15-17 mg/l in einem Zeitraum bis zu 2,5 Monaten betragen.

Den traditionellen Sauerstoffeinfluß liefert natürlich die klassische Holzfasllagerung. Er ist umso größer je kleiner die Gebinde sind, da die relative Austauschfläche pro Liter steigt. Am intensivsten ist dies bei der Lagerung in Barriques der Fall. Dabei werden noch weitere Inhaltsstoffe (z.B. Ellagtannine, aromatische Aldehyde) des Holzes extrahiert, deren Einbindung in den Wein durch den moderaten Sauerstoffeinfluß gefördert wird.

Dieser Sauerstoffeinfluß fehlt bei einem alleinigen Zusatz von Eichenholzchips zum Wein (Zulassung seit 19. Okt. 2006) in Edelstahlgebunden, um ähnliche Aromatisierung durch Chipsextraktion wie beim Barriqueausbau zu erreichen. Durch Mikrooxigenierung lässt sich der Sauerstoffeinfluß beim Chipszusatz ergänzen. Auch die Dosierung von Chips in ältere Barriques liegt nahe, verbinden sich doch dadurch beide Effekte wieder miteinander. Dann ist allerdings eine Bezeichnung wie z.B. „im Barrique ausgebaut“ nicht mehr möglich.

Flaschenlagerung

Auch während der Flaschenlagerung besteht weiterhin ein Sauerstoffeinfluß, der im Kopfraum der Flaschen zwischen Wein und Verschuß enthalten ist und durch sauerstoffdurchlässige Verschlüsse weiterhin eindringt.

Eine Abfüllung mit höherem Schwefelgehalt kann zwar mehr Sauerstoff binden und Oxidation von Aromastoffen reduzieren, begrenzt allerdings auch den positiven Einfluß auf die Flaschenreifung des Weines. Zu hoher Schwefelgehalt wird zudem vor allem bei niedrigen pH-Werten in jungem Weinstadium sensorisch negativ wahrgenommen. Minimierung des Kopfraums, als auch die Verwendung dichter Flaschenverschlüsse wie z.B. den Schraubverschluß, minimieren den Sauerstoffeinfluß (bis zum Faktor 4 gegenüber Naturkorken) während der Flaschenlagerung und reduzieren auch den CO₂-Verlust. Diese Effekte sind vor allem bei Weißweinen von Vorteil.

Mit sich entwickelnder Altersfirne entsteht zum Beispiel durch den Carotinoidabbau TDN was die Petrolnote verursacht, Gärungsester, v.a. die Acetate nehmen ab. Durch den fortschreitenden Sauerstoffeinfluß entwickelt sich auch höhere Aldehyde. Bei höheren Gehalten an flavonoiden Phenolen kann durch die Bildung intermediärer Peroxide die oxidative Entwicklung der Altersfirne gefördert werden. Warme Lagerung beschleunigt diese Prozesse. Mostoxidation und Entfernung der Phenole im Trub vermindert somit auch das Potential einer Weinalterung auf der Flasche.