

Mikrooxidation junger Rotweine

4. Die natürliche Sauerstoffaufnahme

Die Mikrooxidation verfolgt das Ziel der beschleunigten Reifung junger Rotweine durch eine aktive Zufuhr von Sauerstoff. Dazu werden spezielle technische Einrichtungen auf dem Markt angeboten. Doch auch mittels einer natürlichen Sauerstoffaufnahme können vergleichbare Resultate erzielt werden. Volker Schneider, Önologisches Institut in Bingen, geht im vierten und letzten Teil seiner Ausführungen über die Mikrooxidation auf einfache handwerkliche Möglichkeiten zur Reifung junger Rotweine im Tank ein.

Die Reifung der Rotweine ist im wesentlichen auf chemische Reaktionen ihrer Tannine und Anthocyane zurückzuführen. Diese polymerisieren zu Verbindungen höheren Molekulargewichts, die andere geschmackliche Eigenschaften als die Tannine des Jungweins aufweisen. Durch die Umsetzung von Sauerstoff mit den phenolischen Bausteinen des Tannins wird die Polymerisation beschleunigt. Die Oxidation induziert eine Polymerisation, die ihrerseits wie ein Reduktionsmittel wirkt und den oxidierten Zustand der Phenole wieder aufhebt. Aus diesem Grund können Rotweine vergleichsweise große Mengen gelösten Sauerstoffs umsetzen, ohne die von Weißweinen her bekannten sensorischen Folgen der Oxidation aufzuweisen (2,4,7,8,9,12,15,17,29).

Die Minderung der Härte und Unreife des jungen Rotweins wird mit der zunehmenden Polymerisation des Tannins in Verbindung gebracht. Um sie anzuregen, ist der Ausbau von Rotweinen im allgemeinen oxidativer als der von Weißwein. Die klassische Reifung im Holzfaß kommt dem chemischen Sauerstoffbedarf der Rotweine entgegen. Der Werkstoff Holz ermöglicht durch seine Porosität eine kontinuierliche Zufuhr von Sauerstoff, der zu einer moderaten Oxidation führt. Während der Lagerung großer Weinvolumen in Tanks scheidet diese Art der Versorgung mit Sauerstoff aus. Abstich über Luft, Befüllen der Behälter von oben und ein sorgfältig kontrolliertes Hohlliegen bieten sich unter solchen Bedingungen als Möglichkeiten an, auf empirische Weise die Aufnahme von atmosphärischem Sauerstoff sicherzustellen (12,17,23,29,31,32).

Die Mikrooxidation bedient sich verschiedener technischer Lösungen, exakt bemessene und frei wählbare Mengen Sauerstoff in einem ebenso variierbaren Zeitraum in den Wein einzubringen. Kernstück solcher Einrichtungen ist ein gesintertes, feinporiges Frittenmaterial, welches mittels eines Gasschlauches über die Regel- und Dosiereinheit mit der Sauerstoffflasche verbunden ist. In den Wein eingetaucht, gibt es den Sauerstoff in Form kleiner Gasbläschen ab, die sich rasch verteilen und auflösen (32,33).

Die gezielte Zufuhr von Sauerstoff in Mengen von einer Sättigungskonzentration (8-9 mg/l O₂) und mehr führte zwar zu den erwarteten Effekten von erhöhtem Polymerisationsgrad, Farbvertiefung und Farbstabilisierung, erbrachte aber nicht unbedingt geschmackliche oder geruchliche Vorteile. Sterilfiltrierte und im Tank gelagerte junge Rotweine reagierten darauf tendenziell mit einer Verstärkung der Geschmackskomponenten bitter und adstringierend, während sich geruchlich eine Verschiebung des Aromaprofils von "Buntfrüchten" nach "trockenen Kräutern" vollzog. Rotweine mit geringem Tannin- und Anthocyangehalt sprachen dabei empfindlicher als schwere Rotweine an, deren Tannin mehr Sauerstoff schadlos verarbeiten konnte. Erst durch die gleichzeitige Anwesenheit von Ellagtannin, wie es in Form handelsüblicher Tanninpräparate zugesetzt oder aus Eichenholz extrahiert wird, konnten die sensorisch nachteiligen Folgen weitgehend unterdrückt werden. Ellagtannine greifen als Katalysatoren regulierend in die Reaktionen von Oxidation und Polymerisation ein, wobei sie selbst in geschmacklich und analytisch weniger aktive Bruchstücke zerfallen (Teil 3).

Die Sättigung eines unter atmosphärischem Druck stehenden Weins mit Sauerstoff entsprechend einer Konzentration von 8-9 mg/l O₂ erscheint so als kein sicheres Mittel, im Tank gelagerten Rotweinen zu einem sensorisch vorteilhaften Reifeschub zu verhelfen. Doch die technischen Möglichkeiten von Anlagen zur Mikrooxidation erlauben die Dosage noch geringerer Sauerstoffmengen. Ein typischer Anwendungsfall ist die Dosage von 2-3 mg/l O₂ pro Monat. Damit stellt sich die Frage nach der Bewertung dieser Größenordnung im Vergleich mit der natürlichen Sauerstoffaufnahme, wie sie sich während Ausbau und Stabilisierung solcher Weine bis hin zur Abfüllung ergibt.

Natürliche Sauerstoffaufnahme

In den meisten Rotweintypen wird Kohlensäure als störend empfunden. Deshalb erzwingt der Ausbau oft gezielte Behandlungsmaßnahmen zur Entfernung der natürlichen Gärungskohlensäure. Solche Verfahren beinhalten stets ein kurz- oder längerfristiges Vorliegen einer Oberfläche, über die die Kohlensäure entbinden kann. Turbulente Oberflächen, wie sie beim Befüllen der Gebinde von oben vorliegen, begünstigen die Entbindung. Der an der Phasengrenzfläche Wein-Luft stattfindende Stoffaustausch läuft jedoch stets in zwei Richtungen ab. Auf unvermeidbare Art kommt es dabei auch zu einer Aufnahme von atmosphärischem Sauerstoff. Es ist so denkbar, dass die mit der Kohlensäureabreicherung verbundene Sauerstoffaufnahme dem chemischen Sauerstoffbedarf junger Rotweine voll und ganz genügen kann.

Die prozessbedingte Sauerstoffaufnahme hängt erheblich von der momentan noch vorhandenen Kohlensäure ab. Beim Befüllen von oben ist die Sauerstoffaufnahme höher, wenn der Wein bereits weitgehend seine Gärungskohlensäure verloren hat. Sie ist geringer, wenn durch ein Entbinden von Kohlensäure ein Teil des im Kopfraum enthaltenen Sauerstoffs ausgewaschen wird (32). Während des unterschichtigen Umlagerns CO₂-haltiger Jungweine ist praktisch keine Aufnahme von Sauerstoff messbar, weil er durch eine gleichzeitige CO₂-Entbindung ausgewaschen bzw. durch Feinhefe gezehrt wird (61).

Tabelle 1 zeigt durchschnittliche Werte der Sauerstoffaufnahme, die bei verschiedenen Varianten von Ausbau und Lagerung eintritt. Die Angaben beziehen sich auf Weine bei durchschnittlicher Kellertemperatur, die ihre natürliche Gärungskohlensäure weitgehend verloren haben. Insofern kann es sich nur um Richtwerte handeln. Einige angeführten Behandlungsmaßnahmen, die in der Praxis oft unbewußt durchgeführt werden, führen dem Wein Sauerstoffmengen bis zu der Größenordnung einer Sättigungskonzentration zu. Dazu zählt unter anderem das Befüllen der Gebinde von oben, besonders wenn dies über ein Reißrohr geschieht.

Bei den mechanischen Klärtechniken ist die Sauerstoffaufnahme in dem angewandten Gerät geringer als in den ihm nachgelagerten Phasen. So erfolgt nach jeder Filtration eine zusätzliche Sauerstoffaufnahme beim Einfließen in den Filtrattank, die stark ist bei der Variante "Befüllen von oben" und weniger bedeutend bei der Variante "Befüllen von unten". Die Art des Befüllens der Gebinde differenziert die den einzelnen Klärtechniken zugeschriebene Sauerstoffaufnahme erheblich.

Unter den spezifisch deutschen Bedingungen werden gängige Rotweine im Tank ausgebaut und wenige Monate nach Abschluß von alkoholischer Gärung und BSA abgefüllt. Bis zur Bereitstellung zur Abfüllung erfolgt im allgemeinen ein Abstich über Luft, ein oder zwei maschinelle Klärprozesse durch Zentrifugation und / oder Filtration, und mindestens ein zusätzliches Umlagern im Rahmen von Verschnitten und Beifüllen. Verbliebene Kohlensäure erfordert eventuell ein weiteres Umpumpen über Luft vor dem Abfüllen. Summiert man die mit all diesen Vorgängen verbundene Sauerstoffaufnahme auf, kommt man leicht auf 10 bis 15 mg/l O₂, die ein im Tank ausgebauter Rotwein zwischen dem ersten Abstich und der Abfüllung aufnehmen kann.

Das Ziel der vorliegenden Untersuchungen bestand darin, den Einfluß einer beim Ausbau des filtrierten Jungweins üblichen Sauerstoffaufnahme, hier 8,5 mg/l O₂, in Abhängigkeit vom Zeitpunkt des Aufschwefelns zu beschreiben.

Material und Methoden

Drei 99er Rotweine der Rebsorten Portugieser (1840 mg/l Gesamtphenol), Spätburgunder (2270 mg/l Gesamtphenol) und Dornfelder (3040 mg/l Gesamtphenol) wurden jeweils durch einen Verschnitt von maischevergorenen und maischeerhitzten Teilmengen hergestellt. Nach Abschluß des BSA erfolgte die Klärung durch Cross-Flow-Filtration im ungeschwefelten Zustand. Vor einer weiteren Sauerstoffaufnahme wurden am Ausgang des Filters Proben entnommen, unterschiedlich behandelt und in Flaschen mit Schraubverschluß abgefüllt. Die Behandlungen umfassten:

- Zusatz von 70 mg/l SO₂ sofort, bezeichnet als "SO₂ früh",
- Zusatz von 8,5 mg/l Sauerstoff sofort, nach 75 Tagen + 70 mg/l SO₂, bezeichnet als "O₂ + SO₂ spät",
- Zusatz von 70 mg/l SO₂ und 8,5 mg/l Sauerstoff sofort, bezeichnet als "SO₂ früh + O₂",
- Zusatz von 70 mg/l SO₂ nach 75 Tagen, bezeichnet als "SO₂ spät".

Nach der Lagerdauer von 75 Tagen wurde in allen Varianten ein einheitlicher Gehalt von 40 mg/l freier SO₂ eingestellt. Anschließend erfolgte eine sensorische und analytische Auswertung. Zur Analytik wurden die in Teil 1 beschriebenen Methoden herangezogen. Die sensorische Bewertung erfolgte verdeckt mittels quantitativer deskriptiver Analyse durch 28 geschulte Prüfer. Zwei geschmackliche und drei geruchliche Attribute wurden zur Differenzierung der Ausbauvarianten herangezogen. Die Intensität der sensorischen Attribute wurde mittels einer 10-Punkte-Skala gegen Referenzlösungen gemessen, wobei die Intensität dieser Standards dem Maximum von 10 Punkten entsprach. Vor und während der Auswertung standen die Standards zum ständigen Vergleich zur Verfügung. Ihre Zusammensetzung ist in Tabelle 2 wiedergegeben.

Stoffliche und farbliche Veränderungen

Die vier Behandlungsstufen entsprechen unterschiedlichen Redoxführungen während des Ausbaus der Jungweine. Sie haben direkten Einfluß auf das Farbverhalten und den Polymerisationsgrad des Tannins. Tabelle 3 stellt die analytischen Kennzahlen dar. Die die Polymerisation charakterisierenden Parameter wie Alterungsindex, polymere Pigmente und Bräunungsindex sind in den früh aufgeschwefelten Varianten, sei es mit oder ohne nachfolgende Sauerstoffaufnahme ("SO₂ früh" bzw. "SO₂ früh + O₂"), am niedrigsten. Sie nehmen zu, wenn die Weine nach einem sauerstofffreien Lager spät aufgeschwefelt werden ("SO₂ spät"). Höchste Werte werden erreicht, wenn sie zunächst ohne SO₂ und unter Aufnahme von Sauerstoff ausgebaut und spät geschwefelt werden ("O₂ + SO₂ spät").

Grundsätzlich bewirkte die Zufuhr von Sauerstoff, sei es zum ungeschwefelten oder geschwefelten Wein, stets eine Zunahme der Polymerisation und der Farbdichte.

Sensorische Veränderungen

Die Auswirkungen der Sauerstoffaufnahme auf das Geruchs- und Geschmacksbild sind in Tabelle 4 wiedergegeben.

Der Geruch nach "Buntfrüchten" gilt als Qualitätsmerkmal in den meisten Rotweinen. Durch die unterschiedliche Redoxführung wird er differenziert. In allen drei Weinen führte die Sauerstoffaufnahme, hier herbeigeführt durch Zusatz von 8,5 mg/l O₂, zu einer signifikanten (p=0,05) Intensivierung von "Buntfrüchten", wenn der Wein vorher aufgeschwefelt war. Ohne schweflige Säure bewirkte die gleiche Menge Sauerstoff hingegen eine ebenso deutliche Abnahme von "Buntfrüchten" bei Portugieser und Spätburgunder, während sich der Dornfelder weitgehend indifferent verhielt (Abbildung 1).

Die Aromanote "trockene Kräuter" ist Ausdruck negativer oxidativer Veränderungen. Ihre Intensität nahm durch die Aufnahme von Sauerstoff stets zu. Diese Zunahme ist bei Portugieser und Spätburgunder besonders ausgeprägt und signifikant, wenn die Sauerstoffaufnahme im ungeschwefelten Zustand erfolgte. In dem farb- und tanninreichen Dornfelder waren die Verhältnisse umgekehrt; hier bewirkte die Umsetzung von Sauerstoff einen bemerkenswerten Anstieg von "trockenen Kräutern" in der geschwefelten Variante (Abbildung 2)

Das Attribut "grünes Gras" wird als Zeichen einer aromatischen Unreife negativ gewertet. Eine signifikante Abnahme dieser Geruchsnote stellte sich durch die Sauerstoffaufnahme des geschwefelten Spätburgunders ein, wobei dessen ungeschwefelte Variante der gleichen Tendenz folgte. In den anderen Weinen erfuhr "grünes Gras" keine erwähnenswerte Differenzierung durch die unterschiedlichen Behandlungen (Abbildung 3).

Allein die zeitliche Verzögerung des Aufschwefelns führte in den sauerstofffrei gelagerten Varianten stets zu einer Intensivierung der Aromakomponente "Buntfrüchte" und teilweise zu einer Minderung von "grünem Gras". Die früh aufgeschwefelten und absolut sauerstofffrei gelagerten Varianten blieben im Aroma verschlossen. Die Aufnahme von Sauerstoff kann daher der Aromatik förderlich sein, sofern die Weine vorher aufgeschwefelt sind.

Diese Beobachtungen widersprechen teilweise früheren Ergebnissen mit Weinen geringeren Gesamtphenolgehalts (Teil 3). Farbschwache Rotweine sprechen sensibler auf oxidationsbedingte Veränderungen des Aromas an als solche hohen Anthocyangehalte. Als farbschwach können in diesem Sinn die meisten deutschen Rotweine bezeichnet werden, die nicht aus Dornfelder, Dunkelfelder o. ä. hergestellt sind. Vor einer aktiven oder passiven Sauerstoffaufnahme sollten solche Weine stets aufgeschwefelt werden, um einen Verlust fruchtiger Aromakomponenten zugunsten trocken-vegetativer Attribute vorzubeugen.

Die Aromanote "trockene Kräuter" ist eines der charakteristischen Attribute der Altersfirme (62). Das Entstehen der ihr zugrundeliegenden Verbindungen wird gefördert, wenn geruchlose Vorläuferstufen durch intermediäre Peroxide oxidiert werden (53). Solche Peroxide fallen bei der Oxidation aller flavonoiden Phenole in unterschiedlichem Ausmaß an. Anthocyane produzieren bei ihrer Oxidation weniger Peroxide als andere Flavonoide. In farbstarke Rotweinen fangen sie Sauerstoff ab und schützen so das Aroma vor negativen Veränderungen (25).

Adstringenz und Bittere als geschmackliche Parameter ergaben bei der varianzanalytischen Verrechnung der sensorischen Daten keine signifikanten Unterschiede in Abhängigkeit von der Behandlung. Auf ihre weitere Darstellung wird daher verzichtet.

Sensorische Interpretation

Obwohl Sauerstoffzufuhr und verzögertes Aufschwefeln zu einem deutlich erhöhten Polymerisationsgrad von Tannin und Farbe führten, kam es zu keiner Minderung der geschmacklich wahrnehmbaren Tannizität. Im Gegenteil blieb die Intensität von Adstringenz und Bittere erhalten und kann in Einzelfällen - Teil 3 - sogar zunehmen. Zusätzlich tritt in farbschwächeren Rotweinen eine Verschiebung des Aromaprofils von "Buntfrüchten" zu "trockenen Kräutern" ein, wenn diese vor dem Aufschwefeln mit Sauerstoff behandelt werden. Insofern kann die aktive Zufuhr von Sauerstoff durch Mikrooxidation nicht als ein sicheres Verfahren angesehen werden, im Tank ausgebaute junge Rotweine beschleunigt zu reifen. In der überwiegenden Mehrheit der Fälle dürfte die passive Aufnahme von Sauerstoff, wie sie in Verbindung mit dem vollständigen Austreiben der Kohlensäure eintritt, für eine optimale Reifung genügen. Es ist auszuschließen, dass die Dosage geringerer Sauerstoffmengen die sensorischen Effekte bewirkt, die bei Umsetzung einer Sättigungskonzentration ausbleiben. Für zusätzliche Investitionen über die zur Verfügung stehenden gängigen Mittel und Techniken hinaus wird daher kein Anlass gesehen.

Wie ist es nun zu erklären, dass die klassische Lehrmeinung (12,15,17,29) die durch Sauerstoff induzierte Zunahme der Polymerisation mit einer Abnahme der Tannizität und einer Erhöhung der Vollmundigkeit von Rotwein in Verbindung bringt? Schließlich führt die oxidative Polymerisation flavonoider Phenole in Weißwein stets zu einer Zunahme der Adstringenz (52,54).

Erklärungsansätze sind in der Art der Lagerbehälter und dem Phänomen sensorischer Interferenzen zu suchen. Ellagtaggannine, wie sie aus Eichenholz extrahiert werden, konnten eine oxidationsbedingte Zunahme der Adstringenz verhindern, wo sie in jungen Rotweinen auftrat (Teil 3). Nach einer Einlagerung im Barrique akkumulieren sie innerhalb weniger Monate zu höchsten Gehalten (63). Sie greifen regulierend in die Prozesse von Oxidation und Polymerisation ein, wobei sie selbst zerfallen und ihre ursprüngliche Geschmacksintensität verlieren (35,36). Deshalb ist die Belüftung roter Barriqueweine ein geeignetes Mittel zur Minderung ihrer Adstringenz.

Das Gefühl der Adstringenz ist nicht zwangsläufig an den bitteren Geschmack gekoppelt. Beide treten jedoch meist gleichzeitig auf und werden in der praktischen Sensorik ungenügend differenziert. Adstringenz als Gefühl mechanischen Ursprungs wird aber nicht allein durch das Tannin hervorgerufen, sondern durch Kohlensäure und Fruchtsäure synergistisch verstärkt (49,64). Reichern sich letztere während des Ausbaus unvermeidbar ab, kommt es zwangsläufig zu einer Minderung der Adstringenz, ohne dass daran unbedingt Polymerisationsprozesse beteiligt sind.

Zahlreiche der klassischen sensorischen Beobachtungen wurden aus unfiltrierten Weinen abgeleitet. Die Feinhefe konsumiert den weitaus größten Teil des aufgenommenen Sauerstoffs (44,65). Dabei wird ihre Autolyse unter Freisetzung sensorisch wirksamer Mannoproteine und Glucane beschleunigt (66). Solche kolloidalen Verbindungen lagern sich an Tanninmoleküle an und setzen ihre Adstringenz herab

(67). Allein in Lösung, rufen sie ein Gefühl von Mundfülle und Viskosität hervor, das sich der Adstringenz überlagert und sie teilweise maskiert. Die Autolyse der Feinhefe ist ein zusätzlicher Mechanismus des Abbaus von Adstringenz bei Sauerstoffzufuhr, der nicht an die Polymerisation des Tannins geknüpft ist. Naturgemäß tritt sie bei der Oxidation filtrierter Rotweine nicht auf.

Praktische Möglichkeiten

Es wird so offenkundig, dass ein Teil der dem oxidativen Ausbau junger Rotweine zugeschriebene Reifung nicht auf Reaktionen des Tannins, sondern auf sensorische Artefakte und Interferenzen zurückzuführen ist. Diese Feststellung schließt keineswegs aus, dass im Einzelfall, und hier besonders bei Weinen mit hohem Tannin- und Anthocyangehalt vom Typ des Dornfelders, eine aktive Sauerstoffzufuhr nach der Filtration sinnvoll sein kann. Gleiches gilt für im Barrique gelagerte Rotweine, um die natürliche Sauerstoffaufnahme durch das Holz zu ergänzen. Dieser Fall tritt besonders dann ein, wenn Feinhefe an dem Sauerstoff partizipiert oder schweflige Säure das Milieu zu reduktiv hält. In all diesen Fällen kann eine adäquate Sauerstoffzufuhr durch ein einfaches Umpumpen über Luft erreicht werden.

Die mit dem Umpumpen verbundene Sauerstoffaufnahme mindert sich, wenn noch vorhandene Kohlensäure entweicht. Gleichzeitig zehrt die in Jungweinen noch reichlich vorhandene Feinhefe den größten Teil des eingebrachten Sauerstoffs und entzieht ihn den Reaktionen mit dem Tannin. Deshalb ist der erste Abstich über Luft weniger wirksam zur Sauerstoffaufnahme als nachfolgende Maßnahmen, die ein Befüllen der Behälter von oben beinhalten. Erst im filtrierten und weitgehend CO₂-freien Wein führt ein belüftendes Umpumpen zur Aufnahme von 3-4 mg/l O₂, die nun voll und ganz für sensorisch wirksame Reaktionen mit dem Tannin zur Verfügung stehen. Insofern hat die Aufnahme von Sauerstoff durch den füllfertigen Wein weitreichendere Konsequenzen als im trüben Jungwein.

Größere Gebindeeinheiten schließen ein Befüllen von oben meist aus. In diesem Fall bietet sich das Einziehen von Luft durch Lockerung des Saugstutzens der zur Umlagerung verwendeten Pumpe an. Bis zu 8 mg/l O₂ können so zugeführt werden, ohne dass indessen die Kohlensäure wesentlich gemindert wird.

Vor dem Begasen mit CO₂-Dosiergeräten muß gewarnt werden. Ihre Justiermöglichkeit im unteren Bereich ist so gering, dass sich zwangsläufig eine Sauerstoff-Übersättigung einstellt. Kohlensäure wird in der Größenordnung von g/l dosiert, Sauerstoff in der von mg/l. Die Übersättigung mit Sauerstoff führt stets zu einer einseitig starken Oxidation, deren Folgen durch die nachfolgende Polymerisation nicht abgefangen werden können. Als Alternative zum belüftenden Umpumpen ist ein sorgfältig kontrolliertes Hohlliegen besser geeignet, sofern der Wein filtriert und kalt lagert.

Alle Behandlungen, die zu einer gewollten oder ungewollten Aufnahme von Sauerstoff führen, müssen spätestens fünf Tage vor der Abfüllung zum Abschluß gebracht werden. Rotweine benötigen diese Phasen, um eventuell noch gelösten Sauerstoff zu binden. Die Umsetzung von 1 mg/l O₂ kann in solchen Situationen zu einem annähernd stöchiometrischen Verlust von 4 mg/l SO₂ führen. Nach einer selbst unbeabsichtigten Sättigung mit Sauerstoff - bis zu 9 mg/l O₂ in der Kälte - können so 36 mg/l SO₂ innerhalb weniger Tage zu Sulfat oxidiert werden, eventuell erst auf der Flasche (57). Diese SO₂-Dynamik ist in Weißweinen unbekannt. Sie erklärt sich durch die momentane Akkumulation intermediärer Peroxide, wenn junge Rotweine eine intensive Belüftung erfahren. Ein mehrtägiges Lager des ruhenden Weins erlaubt die Stabilisierung der SO₂ und ihre eventuell erforderliche Korrektur.

In mit Kork verschlossenen Flaschen ist eine Sauerstoffaufnahme von 1 mg/l O₂ pro Monat oder wenig mehr zu beobachten (53). Die Diffusion durch den Kork liegt zwischen der von konventionellen Holzfässern und Barriques und kann als geradezu ideal für eine langsame und moderate Oxidation angesehen werden. Nach einem relativ reduktiven Ausbau im Tank stellt das Flaschenlager eine Oxidationsphase dar, deren Einfluß auf die Reifung des Rotweins nicht unterschätzt werden darf. Deshalb muß ein frühes Abfüllen nicht unbedingt nachteilig sein, wenn dem Rotwein wirklich ein entsprechend langes Flaschenlager zugestanden wird.

Grenzen oxidativen Ausbaus

Nicht alle Rotweine in Deutschland verdienen ihren Namen. Überhöhte Erträge und mangelnde phenolische Reife sind oft die Ursache von Lesegut, das bestenfalls Substanz für einen roten Wein bereithält. Tannin- und farbschwache Rotweine werden unter dem Aspekt der Redoxführung am besten wie Weiß-

wein ausgebaut. Sie vertragen nicht mehr Sauerstoff als die während des Ausbaus unvermeidbar aufgenommenen Mengen. Ihr Mangel an polymerisierbarem Substrat kann die sensorischen Folgen der Oxidation nicht neutralisieren, geschweige denn in einen Qualitätszuwachs umsetzen. Werden solche Weine durch Maischegärung gewonnen, können sie als erschwerenden Faktor nach der Gärung noch eine Oxidase-Aktivität enthalten (69). Daraus erklären sich Farbverluste, wenn sie nicht reduktiv in Analogie zu Weißwein behandelt werden.

Der Gehalt an Gesamtphenol ist ein erster Ansatz zur Messung dessen, was man unter Rotweinart versteht. Oft zur Charakterisierung von Weißweinen mißbraucht, liefert er in Rotweinen die Summe von Tannin und Anthocyanen zu einem Zeitpunkt ihrer Entwicklung, an dem die sensorische Beurteilung erschwert ist und trotzdem erste Entscheidungen über den weiteren Ausbau getroffen werden müssen (23,49,69). Als Summenwert gibt er naturgemäß keine Auskunft über die jeweiligen Anteile von Tannin und Anthocyan, so dass er durch zusätzliche Parameter ergänzt werden muß. Damit gelangt man zum Tannin-Anthocyan-Verhältnis. Es ist von Bedeutung, weil es bei einem vergleichbaren Gesamtphenolgehalt die Reaktion der Rotweine auf eine Sauerstoffzufuhr differenziert (15,70). Man kann Rotweine entsprechend ihrem Tannin-Anthocyan-Verhältnis in drei Klassen einteilen:

- Der Wein hat viel Tannin und wenig Anthocyan. Das Verhältnis ist einseitig zum Tannin hin verlagert; der Anthocyangehalt beträgt höchstens 10 % des Gesamtphenolgehalts. Die Tanninmoleküle polymerisieren bevorzugt untereinander (T-T). In das entstehende Polymerisat werden nur wenige Anthocyane eingelagert. Unter oxidativen Bedingungen tendiert der Wein zur Bräunung, Verstärkung der Adstringenz und Altersfirne in der Nase. Solche Weine werden am besten reduktiv ausgebaut. Viele maischevergorenen Spätburgunder in Deutschland fallen in diese Gruppe. Konzepte zum Ausbau von Spätburgunder, die in anderen Ländern Gültigkeit haben, können aufgrund der andersartigen Rohware nicht unbedingt auf deutsche Verhältnisse übertragen werden.

- Der Wein hat wenig Tannin und viel Anthocyan. Das Verhältnis ist einseitig zum Anthocyan hin verschoben; der Anthocyangehalt beträgt mehr als die Hälfte des Gesamtphenolgehalts. Bevorzugt polymerisieren Anthocyanmoleküle untereinander (A-A). Unter stark oxidativen Bedingungen kommt es zu ihrer Zerstörung und zu entsprechenden Farbverlusten. Tannin fehlt zur Stabilisierung der Farbe. Die Weine haben zwar Mundfülle, bilden aber nie Komplexität aus. Viele maischeerhitze Dornfelder fallen in diese Gruppe. Ein gemäßigt oxidativer Ausbau kommt ihnen am meisten entgegen.

- Der Wein weist ein harmonisches Tannin-Anthocyan-Verhältnis auf. Der Anthocyangehalt beträgt etwa ein Drittel des Gesamtphenolgehalts. Die Polymerisation verläuft harmonisch unter bevorzugter Bildung tiefdunkler und stabiler Tannin-Anthocyan-Komplexe (T-A). Solche Weine gewinnen stets durch einen oxidativeren Ausbau und eignen sich auch für die Lagerung im Barrique. Auf der Flasche entwickeln sie sich während vieler Jahre dem Höhepunkt entgegen.

Experimentelle Ermittlung des Sauerstoffbedarfs

Solange weder Gesamtphenol noch das Tannin-Anthocyan-Verhältnis im konkreten Einzelfall bekannt sind, bleibt die Diskussion um die Art des Ausbaus gegenstandslos und bestenfalls das Objekt eines glaubenspolitischen Credo. Es besteht daher seitens der Praxis ein berechtigtes Interesse, den optimalen Sauerstoffbedarf der Rotweine experimentell zu ermitteln. Ein solcher Test kann auf einfache Weise in Flaschen von 0,75 l (rv-Volumen 785 ml) mit Schraubverschluß durchgeführt werden.

Zwei solcher Flaschen werden mit einem Probenschlauch unterschichtig befüllt. Dazu setzt man den Schlauch auf den Flaschenboden und füllt die Flasche mit dem in den Wein eingetauchten Schlauchende von unten nach oben voll. Mit ansteigender Füllhöhe zieht man den Schlauch langsam nach oben, ohne dass der Wein durch die Luft stürzt, bis schließlich die Flasche randvoll befüllt ist. Eine der beiden Flaschen wird sofort zugeschraubt; sie dient später als unbehandelter Standard.

Der anderen Flasche werden mittels einer Pipette 20 ml Wein entnommen, bevor sie ebenfalls mit einer Schraubkappe dicht verschlossen wird. In dem Kopfraum von 20 ml Luft steht eine Sauerstoffmenge zur Verfügung, die 7,6 mg/l O₂ entspricht (bzw. 3,8 mg/l O₂ bei 10 ml). Zur erleichterten Aufnahme des Sauerstoffs wird einmal täglich umgeschüttelt. Nach Ablauf von zwei bis drei Wochen erfolgt der sensorische Vergleich mit dem unbehandelten Standard.

Zusammenfassung

Der Ausbau von Rotweinen im Tank erfordert klassische Maßnahmen zu einem weitgehenden Austreiben der Kohlensäure. Die damit einhergehende Sauerstoffaufnahme genügt für die meisten Weine dieser Art des Ausbaus. Eine darüber hinausgehende Sauerstoffzufuhr der filtrierten Weine kann die Aromatik verbessern, wenn die Weine vorher aufgeschwefelt sind, einen genügend hohen Gesamtphenolgehalt und ein ausgeglichenes Tannin-Anthocyan-Verhältnis aufweisen. Dazu genügt ein belüftendes Umpumpen.

Die mit der Sauerstoffbehandlung herbeigeführte qualitative Veränderung des Tannins führte als solche zu keiner nachvollziehbaren Verbesserung im Geschmack. Eine solche kann jedoch eintreten, wenn Sauerstoff mit der Feinhefe reagiert, in Barrique-Weine eingebracht wird oder Kohlensäure beim Belüften entweicht. Rotweine reagieren sehr unterschiedlich auf Sauerstoffzufuhr, woraus vordergründig widersprüchliche Ergebnisse resultieren können. Deshalb empfiehlt sich für die Praxis ein einfach durchzuführender Vortest.

Die Mikrooxidation ist grundsätzlich ungeeignet zur Aufwertung schwacher Rotweine.

Literatur

61. Pfeiffer W.; 2000: Sauerstoffaufnahme bei der Weinbereitung und deren Einfluß auf die Qualität. Das Deutsche Weinmagazin 26, 24-27.
62. Schneider V.; 1996: Altersfirne-Entstehung und Charakterisierung. Das Deutsche Weinmagazin 14, 18-21.
63. Schneider V.; 1998: Barriques im Vergleich. Das Deutsche Weinmagazin 22, 16-21.
64. Gawel R.; 1998: Red wine astringency: a review. Austr. J. Wine and Grape Research 4, 74-95.
65. Fornairon C. et al.; 1999: Observations sur la consommation de l'oxygène pendant l'élevage des vins sur lies. J. Int. Sci. Vigne Vin 33, 2, 79-86.
66. Salmon J.M. et al.: Modifications chimiques des lies consécutives à l'apport d'oxygène pendant l'élevage des vins sur lies. In: Oenologie 99, 6^e Symposium international d'Oenologie, A. Lonvaud-Funel (Coord.), Editions Tec & Doc, Paris 2000, 428-432.
67. Saucier C., Roux D., Glories Y.: Interactions tanins-colloïdes: Nouvelles avancées concernant la notions de "bons" et de "mauvais" tanins. In: Colloids and mouthfeel in wines; Les entretiens scientifiques Lallemand, Lallemand S.A. (Ed.), Toulouse 1999, 31-33.
68. Köhler H.J., Geßner M., Miltenberger R.; 2000: Rotweinbereitung, Teil I: SO₂-Die Erfahrung zählt. Das Deutsche Weinmagazin 14, 42-45.
69. Schneider V.; 1999: Gesamtphenole im Rotwein. Die Winzer-Zeitung 12, 31.
70. Schneider V.; 2000: Das Tannin-Anthocyan-Verhältnis. Die Winzer-Zeitung 06, 33.

Tabelle 1: Durchschnittliche Sauerstoffaufnahme durch verschiedene Behandlungen und Lagervarianten nach Abbau der Gärungskohlensäure.		
Vorgang	O ₂ , mg/l	
Umlagern, Einlauf unten	2	
Umlagern mit gelockerter Saugleitung	7	
Umlagern, Einlauf oben, über Auslaufbogen	4	
Umlagern, Einlauf oben, über Reißrohr	7	
Zentrifugation	5	
Kieselgurfiltration	4	
Schichtenfiltration	2	
Cross-Flow-Filtration	6	
Rühren	3	
Transport in teilbefüllten Tanks	7	
Abfüllung	2	
Lager im Barrique, pro Jahr	40	
Flaschenlager mit Kork, pro Jahr	15	
Flaschenlager mit Schraubverschluß, pro Jahr	5	
Flasche im Anbruch, pro Tag	3	

Tabelle 2: Sensorische Attribute und Zusammensetzung ihrer Referenzlösungen.	
Adstringenz	1,5 g/l Eisen-III-sulfat in Wasser
Bittere	20 mg/l Chininchlorid in Wasser
Bunfrüchte	50 ml Kirschnectar und 100 ml Himbeersirup in 1 Liter Portugieser Rotwein
grünes Gras	0,5 g grüne Grashalme zerschnitten, zerstoßen und während einer Stunde in 1 Liter Dornfelder Rotwein extrahiert.
trockene Kräuter	1 g trockene Strohhalme, zerschnitten, in einem leeren Probierglas

Tabelle 3: Farbliche und stoffliche Veränderungen durch Sauerstoff und SO ₂												
Wein	Portugieser				Spätburgunder				Dornfelder			
Behandlung	SO ₂ früh	SO ₂ spät	SO ₂ früh + O ₂	O ₂ + SO ₂ spät	SO ₂ früh	SO ₂ spät	SO ₂ früh + O ₂	O ₂ + SO ₂ spät	SO ₂ früh	SO ₂ spät	SO ₂ früh + O ₂	O ₂ + SO ₂ spät
Farbintensität	6,06	6,43	6,54	6,80	2,77	2,35	2,39	2,80	20,20	20,02	21,04	20,36
Bräunungsindex	0,56	0,58	0,57	0,62	0,74	0,81	0,78	0,89	0,50	0,51	0,51	0,53
Anthocyane, mg/l	377	329	366	314	157	145	148	128	905	852	887	796
polymere Pigmente	1,06	1,18	1,08	1,26	0,34	0,38	0,35	0,49	3,04	3,24	3,14	3,48
Alterungsindex	0,286	0,308	0,274	0,319	0,272	0,309	0,271	0,355	0,254	0,276	0,253	0,295

Tabelle 4: Differenzierung von Aromaprofil und Geschmack durch Sauerstoff und Zeitpunkt des Aufschwefelns.

Mittelwerte eines Attributs mit einem gemeinsamen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant bei $p < 0,05$.

Wein	Portugieser				Spätburgunder				Dornfelder			
Behandlung	SO ₂ früh	SO ₂ spät	SO ₂ früh + O ₂	O ₂ + SO ₂ spät	SO ₂ früh	SO ₂ spät	SO ₂ früh + O ₂	O ₂ + SO ₂ spät	SO ₂ früh	SO ₂ spät	SO ₂ früh + O ₂	O ₂ + SO ₂ spät
Buntfrüchte	3,48 a	5,00 c	4,48 b	4,57 b	4,74 ab	4,83 ab	5,38 b	4,17 a	4,48 a	5,00 b	5,33 b	5,33 b
trockene Kräuter	3,87 a	3,57 a	4,17 ab	4,74 b	3,61 ab	3,26 a	3,91 b	4,00 b	3,43 a	3,70 a	4,78 b	3,96 a
grünes Gras	3,39 a	3,43 a	3,48 a	3,74 a	3,91 b	2,96 a	2,96 a	2,57 a	4,00 b	3,35 a	3,70 ab	3,17 a
Bittere	3,87 a	4,26 a	4,35 a	3,70 a	3,52 ab	3,30 a	3,09 a	3,91 b	3,96 a	4,00 a	4,48 a	4,09 a
Adstrin- genz	5,00 a	4,48 a	4,70 a	4,74 a	4,35 a	3,91 a	3,74 a	4,04 a	4,52 a	5,13 a	5,00 a	5,00 a