

Winzer geben Vollgas

Der Gehalt an gelösten Gasen wird derzeit verstärkt als wichtiges Kriterium beim Weinausbau wahrgenommen. Tatsächlich ist der Gehalt und die Steuerung der gelösten Gase ein wichtiger Teil der Vinifizierung, um gute, geschmacklich einwandfreie Weine zu erzeugen. Dieser Artikel von Andreas Blank und Dr. Oliver Schmidt, Staatliche Lehr- und Versuchsanstalt für Wein- und Obstbau, Weinsberg sowie Jean-Claude Vidal, INRA UE Pech Rouge, Gruissan, Frankreich, soll Aufklärung über die sensorischen und physikalischen Eigenschaften der gelösten Gase geben sowie die Möglichkeiten und Strategien zur gezielten Beeinflussung der Gehalte dieser Gase aufzeigen.

Im Folgenden zeigen die Autoren Versuche und Ergebnisse, welche an der LVWO-Weinsberg und beim französischen Institut INRA Pech Rouge durchgeführt wurden.

Sensorischer Einfluss von Kohlenstoffdioxid

Kohlenstoffdioxid (CO_2) und Sauerstoff (O_2) sind die beiden wichtigsten gelösten Gase in Wein. Vor allem der Gehalt an CO_2 ist für die sensorischen Eigenschaften des Weines von großer Bedeutung. Gelöstes CO_2 bildet im Wein die Kohlensäure H_2CO_3 . Sie wirkt im Wein erfrischend und belebend, kann aber auch bei zu hohen Konzentrationen im Stillwein scharf wirken. Zu niedere Konzentrationen können einen Wein matt und leer wirken lassen. Wie der Name Kohlensäure es andeutet, wird durch ihre Anwesenheit die Säure von Wein stärker empfunden; weiter beeinflusst CO_2 die Wahrnehmung von einigen anderen Geschmacksstoffen. Während die sensorische Wirkung von Zucker verringert wird, werden

Bitterstoffe und die Adstringenz des Weines verstärkt (Zoecklein et al., 1994). Aufgrund der hier beschriebenen sensorischen Eigenschaften werden für Rotweine Gehalte unter 0,6 g/l angestrebt und für Weißweine in der Regel Gehalte über 1,2 g/l. Tabelle 1 gibt einen Überblick über die empfohlenen CO_2 -Gehalte. Einige Handelsunternehmen gehen aufgrund der beschriebenen sensorischen Eigenschaften derzeit dazu über, den Gehalt an gelöster CO_2 ihren Lieferanten vorzuschreiben. Abbildung 1 verdeutlicht die sensorischen Eigenschaften von CO_2 am Beispiel eines 2011er Samtrotweins. Der Wein wurde mit 0,3 g/l und 0,9 g/l CO_2 abgefüllt. Bei der deskriptiven Sensorik zeigten sich keine signifikanten Einflüsse auf die Aromaattribute des Weines. Beim Attribut Mundgefühl wird der Wein mit

0,3 g/l CO_2 häufig als harmonisch beschrieben, wohingegen der Wein mit 0,9 g/l CO_2 als lebendig beziehungsweise frisch beschrieben wird. Da es sich um einen kräftigen, strukturierten Rotweinstil handelt, wird der Wein mit 0,3 g/l gegenüber dem Wein mit 0,9 g/l bevorzugt.

Sensorischer Einfluss von Sauerstoff

Der Einfluss von Sauerstoff (O_2) auf den Wein unterscheidet sich gänzlich von CO_2 . Die pure Anwesenheit von Sauerstoff im Wein hat keinen direkt schmeckbaren sensorischen Effekt. Die Wirkung von Sauerstoff tritt erst auf, nachdem dieser mit den Weininhaltsstoffen reagiert hat. Für einige Weine kann Sauerstoff positive Effekte haben, Bockser und reduktive Noten können durch Sauerstoff verringert werden. Auch kann durch den Einfluss von Sauerstoff die Adstringenz von Wein vermindert werden, was durch Verfahren wie der Mikrooxygenierung oder den Ausbau im Barrique bewusst gesteuert wird. Meist negativ ist die Auswirkung des Sauerstoffs durch die Abfüllung. Der Wein sollte sich bereits bei der Abfüllung geschmacklich optimal präsentieren. Geschmackliche Veränderungen durch Sauerstoff sind dann meist nicht mehr erwünscht. Einfach messbar ist der Effekt von Sauerstoff auf die Reduktion der Gehalte an SO_2 durch Oxidation. Es gilt die Faustformel, dass 1 mg Sauerstoff etwa 4 mg SO_2 oxidieren. Neben dem SO_2 werden auch andere Weininhaltsstoffe wie Phenole und Aromastoffe von Sauerstoff oxidiert. Die Weinqualität durch Sauerstoff wird daher oft vermindert, zumindest aber verändert. Vor allem für füllfertige und abgestimmte Weine sollte der Sauerstoffgehalt möglichst niedrig sein, um eine Änderung des Geschmacksbilds zu vermeiden, die Gehalte an SO_2 zu schützen und damit die Lagerungsfähigkeit des Weines zu optimieren. Realistisch sind Sauerstoffgehalte von kleiner

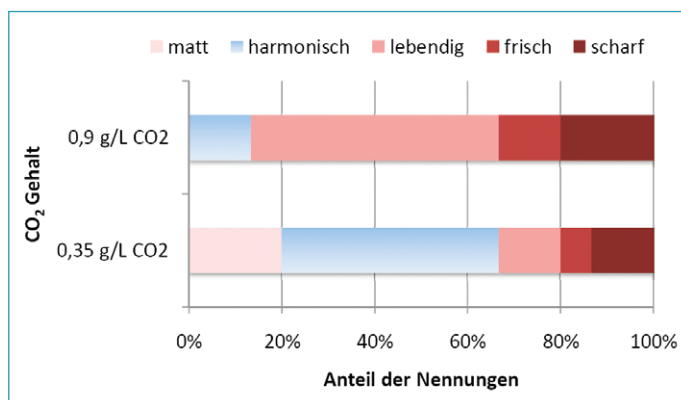


Abb. 1: Sensorische Auswirkung von CO_2 auf das Mundgefühl

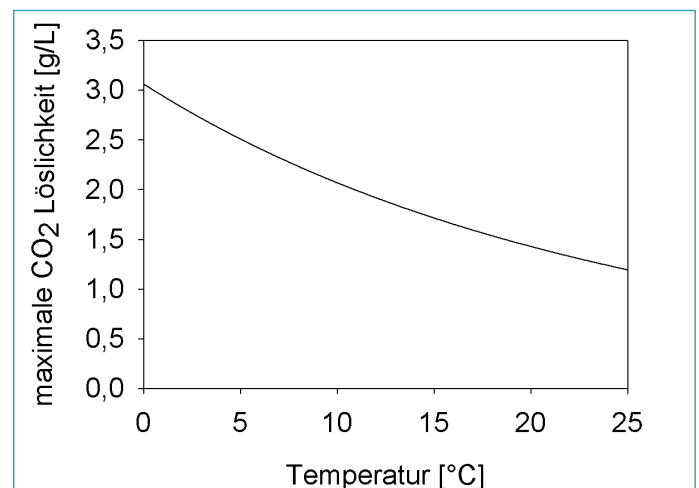


Abb. 2: CO_2 -Löslichkeit in Abhängigkeit von der Temperatur bei 20 °C, berechnet nach LIGER-BELAIR (2005)

0,5 mg/l vor der Abfüllung anzustreben (Vidal et al., 2010).

Einfluss von Stickstoff

Ein drittes wichtiges Gas ist Stickstoff (N_2). Stickstoff ist in Luft das häufigste Gas. Als Inertgas wird es weder geschmacklich wahrgenommen, noch reagiert es mit den Weininhaltsstoffen. Daher wird es oft eingesetzt, um den Wein vor Sauerstoff zu schützen oder um CO_2 aus einem Wein auszutreiben.

Physikalische Eigenschaften und Löslichkeit

Aus den sensorischen Eigenschaften der Gase wird klar, dass im Wein vor der Abfüllung der Sauerstoff-Gehalt möglichst zu reduzieren ist, die Gehalte an CO_2 aber auf ein präzises Niveau angepasst werden sollten.

Tabelle 2 zeigt eine Zusammenfassung der physikalischen Eigenschaften der drei wichtigsten gelösten Gase. Für ein technologisches Be- und Entgasen sind diese Eigenschaften der Gase besonders wichtig. Die Löslichkeit der Gase ist abhängig vom Typ des Gases, der Temperatur und dem anliegenden Druck.

Jedes Gas hat aufgrund seiner Struktur eine unterschiedliche Löslichkeit in Wein. Je kälter die Flüssigkeit, desto mehr Gas kann sich in der Flüssigkeit lösen. Eine Temperaturabsenkung um 5 °C erhöht die Löslichkeit der Gase um zirka 10 %. Der Partialdruck eines Gases entspricht dem prozentualen Anteil vom Druck in der Gasphase. Je höher der Partialdruck, desto mehr Gas kann gelöst werden.

Aus praktischen Gründen wird die Löslichkeit von Sauerstoff und Stickstoff meist unter Luft, die Löslichkeit von CO_2 wird im Gegensatz dazu unter reiner CO_2 -Atmosphäre angegeben. Unter Luft bei Normaldruck (1 013 hPa = 1,013 bar) lösen sich 8,2 mg/l Sauerstoff in Wein. Da Luft nur 20,9 % Sauerstoff enthält, kann sich unter purer O_2 -Atmosphäre etwa 5-mal mehr Sauerstoff in Wein

lösen. Ähnlich verhält sich die Löslichkeit von Stickstoff. Der Partialdruck von Stickstoff beträgt 78 % vom absoluten Druck, da der N_2 -Anteil der Luft bei 78 % liegt. Daher lösen sich unter Luft 15,2 mg/l und unter reiner Stickstoffatmosphäre 18 mg/l. CO_2 liegt nur zu 0,03 % in der Luft vor, der Partialdruck ist praktisch null und es löst sich unter Luft nahezu kein CO_2 in Wein. Unter reiner CO_2 -Atmosphäre bei Normaldruck und 20 °C können sich aber knapp 1 500 mg/l (=1,5 g/l) in Wein lösen, was einem Vielfachen der Löslichkeit im Vergleich zu den beiden anderen Gasen entspricht. Abbildung 2 zeigt die Löslichkeit von CO_2 in Abhängigkeit von der Temperatur unter reiner CO_2 -Atmosphäre bei Normaldruck. Abbildung 3a zeigt die Löslichkeit der drei Gase unter Luft und Abbildung 3b die Löslichkeit der Gase unter reiner CO_2 -Atmosphäre bei 20 °C.

Gasaustausch

Das Be- und Entgasen von Wein beruht im Wesentlichen auf den Grundsätzen der Diffusion. Gase streben grundsätzlich einen Konzentrationsausgleich an. Physikalisch beschreibt das Gesetz von Fick diese Vorgänge genauer. Dieses Gesetz besagt, dass der Gas-

austausch abhängig von folgenden Faktoren ist:

- Spezifischen Diffusionskoeffizienten
- Kontaktzeit
- Kontaktfläche
- Konzentrationsunterschied

Für den Oenologen ergeben sich daraus einige Konsequenzen, die man beim Be- und Entgasen zu berücksichtigen hat, da er bis auf den Diffusionskoeffizienten alle Faktoren beeinflussen kann. Die Effizienz des Gasaustauschs kann gesteuert werden durch:

- Die Dauer des Gas/Flüssig Kontakts: Je länger der Kontakt von Gas und Flüssigkeit, desto besser und vollständiger ist der Gasaustausch.

Tab. 1: Empfohlene CO_2 -Gehalte

Weintyp	
Weißwein	1,2 – 1,5 g/l
Roséwein	1,0 – 1,5 g/l
Frischer Rotwein	0,5 – 0,7 g/l
Kräftiger Rotwein	< 0,6 g/l

Blankenhorn, 2002

Tab. 2: Physikalische Eigenschaften der wichtigsten Gase in Wein

	Einheit	Kohlensäure CO_2	Sauerstoff O_2	Stickstoff N_2
Molekulargewicht	g/mol	44	32	28
Dichte bei 0°C	kg/m ³	1,977	1,429	1,251
Volumen pro kg Gas	l/kg	505	700	800
Löslichkeit unter reiner Gasatmosphäre 1 013 hPa 20°C	mg/l	Ca. 1 500	39,2	18
Prozent in Luft	%	0,0388	20,9	78,1
Löslichkeit unter Luft 1 013 hPa 20°C	mg/l	< 1	8,2	15,2

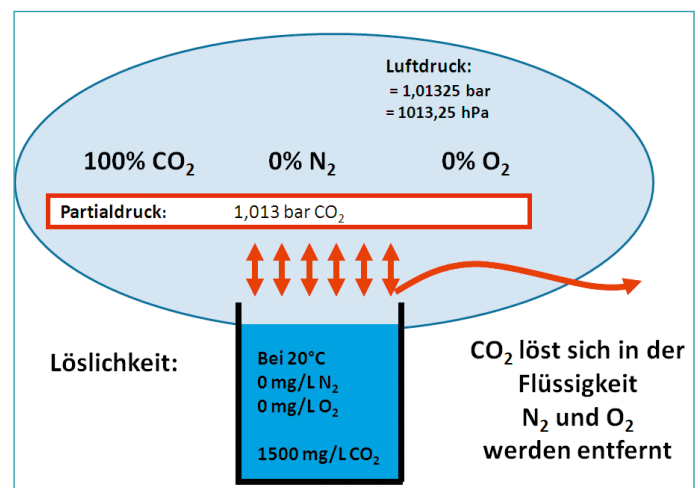
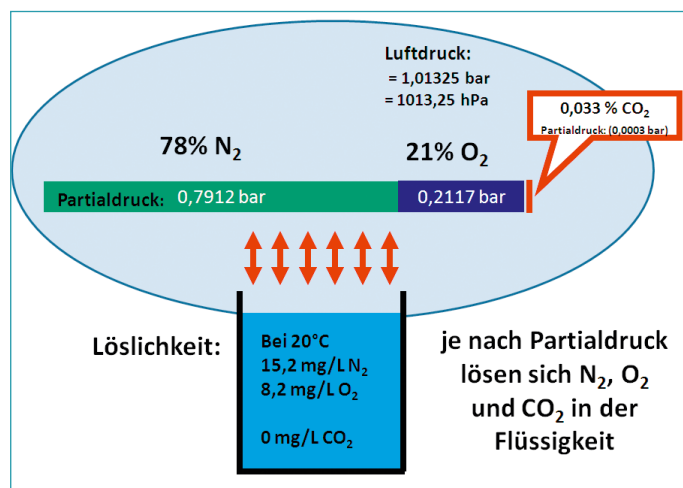


Abb. 3: Partialdruck und Löslichkeit unter Luft (links) und unter CO_2 -Atmosphäre (rechts)

Tab. 3: Kellerwirtschaftliche Maßnahmen zur Steuerung des CO ₂ -Gehalts in Wein	
Erhöhung und Erhaltung von CO ₂	Verringerung des CO ₂ -Gehalts
• Kalte Temperaturen < 12°C zur Erhöhung der CO₂-Löslichkeit • CO₂ als Inertgas verwenden • Spundvolle Edelstahllagerung • Rühren vermeiden • Sauerstoff/Stickstoff und Luftkontakt vermeiden • Begasung mit CO₂	• Wärmere Lagertemperaturen 15 – 18°C zur Verringerung der CO₂-Löslichkeit • Stickstoff als Inertgas verwenden • Mikoroxxygenierung senkt den CO₂-Gehalt • Barriquelagerung • Begasung mit Stickstoff

zumeist mehrere Gase beteiligt sind, handelt es sich meist um einen Gasaustausch und nicht um eine reine Be- oder Entgasung.

Grundlagen des Gasmanagements

Die physikalischen Eigenschaften der Gase sind bei allen Verfahren zum Be- und Entgasen gleich. Die Verfahren unterscheiden sich daher hauptsächlich durch die Größe der Kontaktfläche, die Kontaktdauer sowie der Art, wie überschüssiges Gas abgeführt wird. Das Wissen um die Löslichkeit der Gase und die Diffusionsvorgänge kann man daher nutzen, um einige wertvolle Rückschlüsse zum optimierten Be- und Entgasen von Wein zu ziehen. Bekannte Verfahren können durch dieses Wissen optimiert angewandt werden. Tabelle 3 enthält wichtige grundlegende kellerwirtschaftlichen Maßnahmen zur Kontrolle der gelösten CO₂. Bei den meisten Weinen lässt sich mit diesen Methoden der gewünschte CO₂-Gehalt einstellen, ohne auf eine Be- oder Entgasung zurückgreifen zu müssen. Problematisch sind hingegen früh zu füllende Rotweine, welche oft einen zu hohen Gehalt an CO₂ aufweisen. Dies ist dann durch ein gezieltes Begasen mit Stickstoff zu lösen. Ein gegensätzliches Problem stellt sich meist bei Weißweinen dar, welche durch unsachgemäße Lagerung oder durch Transport im CO₂-Gehalt deutlich reduziert wurden. Hier bietet sich eine Begasung mit CO₂ an. Da das aktive Begasen mit CO₂ oder mit Stickstoff auf ähnlichen Prinzipien beruht, sollen im folgenden Abschnitt die wichtigsten Punkte beim Be- und Entgasen aufgezeigt werden.

Tab. 4: Zu beachtende Punkte bei der Be- und Entgasung bei verschiedenen Verfahren	
Verfahren	Wichtige Punkte
Fritte im Tank	• Kleine Gasbläschen notwendig • Gute Verteilung im Tank • Hohe Tanks – schlanke Tanks von Vorteil • Bedarf Steigraum bei Begasung mit Stickstoff • Geringer Investitionsbedarf • Steuerung nur empirisch möglich
Fritte/Carbofresh während des Transfers	• Kleine Gasbläschen notwendig • Gute Verteilung in der Leitung • Leitungslänge nach der Fritte mindestens 10 – 15 m • Verbesserung des Transfers durch statische Mischer • Gasentbindung am Leitungsende • Genaue Steuerung ist möglich • Kein Bedarf auf Inertierung des Empfangsbehälters
Membrankontaktor während des Transfers	• Genaue Steuerung möglich • Automatisierung ist möglich • Keine Schaumbildung • Bläschenfreies Begasen • Gleichzeitige Begasung von CO₂ und Entgasung von O₂ möglich • Inertierung des Empfangsbehälters notwendig • Membranhygiene ist zu beachten

- Die Größe der Kontaktfläche: Große Kontaktflächen verbessern den Gasaustausch.
- Die Stärke des Konzentrationsunterschieds: Ein großer Konzentrationsunterschied beschleunigt den Transfer. Ein ständiges Erneuern des Austauschgases beschleunigt den Transfer.

Verdeutlichen kann man dies beim Betrachten des Verhaltens eines CO₂-haltigen Weins. Der Wein ist beim Einschenken mit CO₂ gesättigt, die ständig ausgetauschte Luft über dem Wein enthält nur Stickstoff und Sauerstoff, und wie beschrieben praktisch kein CO₂. Der Wein wird damit so lange CO₂ abgeben, bis dessen Konzentration mit der Umgebung im Gleichgewicht ist, das heißt bis kein CO₂ mehr vorhanden ist. Gleichzeitig wird der Wein Sauerstoff und Stickstoff aufnehmen, bis er gesättigt ist. Die Aufnahme von Sauerstoff und Stickstoff sowie die Abgabe von CO₂ laufen parallel ab. Mit der Zeit wird CO₂ abgegeben und die anderen Gase aufgenommen. Je größer die Oberfläche, desto schneller läuft dieser Austausch. Ein starkes Schütteln beschleunigt diesen Austausch, da hierdurch die Oberfläche und damit der Kontakt noch weiter intensiviert werden. Die Gesetze zur Diffusion beschreiben, dass zu Beginn der Verlust an CO₂ schneller ist. Die Konzentration im Wein ist zu Beginn sehr hoch, mit der Dauer der Zeit und sinkender CO₂ Konzentration

verlangsamt sich der Verlust an CO₂ immer mehr.

Umgekehrt könnte man einen CO₂ freien Wein wieder mit CO₂ sättigen wenn anstatt Luft reines CO₂-Gas über der Oberfläche wäre. Dies ist besonders bei der Überlagerung von Rotweintanks mit CO₂ zu beachten. Sauerstoff und Stickstoff würden jetzt entfernt. Die gelösten Gase passen sich durch Diffusion immer den Verhältnissen ihrer Umgebung an. Da

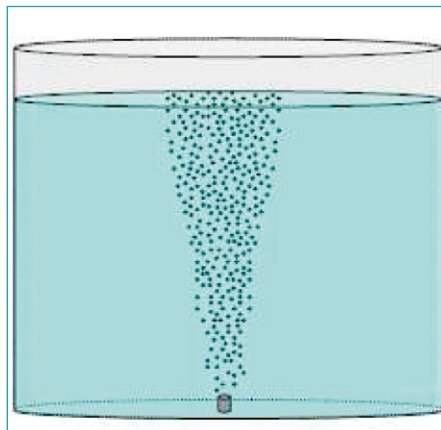


Abb. 4: Verteilung der Gasbläschen in einem Tank bei der Begasung mit einer Fritte (DEVATINE et al., 2007)

Mögliche Verfahren zur Be- und Entgasung

Die aktive Be- oder Entgasung kann erfolgen:

- ➔ Mit einer Fritte im Tank.
- ➔ Mit einer Fritte in der Leitung während dem Weintransfer.
- ➔ Mit einem Membrankontaktor während dem Weintransfer.

Eine Übersicht der Verfahren mit Empfehlungen hierzu ist in Tabelle 4 zu sehen. Bei allen Verfahren ist darauf zu achten, dass das Gas möglichst lange in Kontakt mit dem Wein sein muss.

Im Tank

Bei einer Begasung im Tank sind daher schlanke, hohe Behälter klar im Vorteil, da bei solchen Behältern das Aufsteigen der Gasbläschen länger dauert, außerdem ist durch die schlanke Bauweise die Verteilung der Gasbläschen optimal. Abbildung 4 zeigt, wie die Gasperlen bei Tanks meist direkt in der Mitte aufsteigen, am Rand des Behälters, wo sich keine Gasbläschen befinden, findet kein Gasaustausch statt.

Einen wichtigen Beitrag für einen guten Kontakt liefert außerdem die Größe der Gasbläschen, je kleiner das Gasbläschen, desto

langsamer steigt es auf, desto größer ist dessen Oberfläche und desto besser ist damit auch der Transfer. Sowohl bei einer Be- als auch bei einer Entgasung ist daher auf möglichst feinerleige Gasbläschen zu achten, die gut im ganzen Tank verteilt aufsteigen. Bei der Begasung mit Stickstoff zur Reduzierung von CO_2 ist außerdem darauf zu achten, dass es durch das entfernte CO_2 zu einem teils starken Aufschäumen kommen kann. Für die Entgasung ist im Tank daher ausreichend Steigraum einzuplanen.

Während des Weintransfers

Aufgrund der besseren Verteilung der Gasbläschen und einer längeren Kontaktzeit erscheint ein Be- oder Entgasen in der Leitung während des Weintransfers von Vorteil. Vom Kellereibedarf werden hierfür Sinterfritten angeboten (Abb. 5). Für einen optimalen Gebrauch gilt es auch hier, einen möglichst guten Kontakt zwischen Wein und den injizierten Gasbläschen zu erzielen. Das Design der Fritten muss so gewählt sein, dass möglichst kleine Gasperlen entstehen, die gut mit dem Wein vermischt werden. Um eine möglichst lange Kontaktzeit von Gas und Wein zu gewährleisten wird empfohlen, mindestens 10 bis 15 m Leitung nach der Fritte zu belassen. Am Ende der Leitung muss dafür gesorgt werden, dass überschüssiges, nicht gelöstes Gas entweichen kann. Häufig wird eine Begasung direkt vor einer Filtration durchgeführt. Durch den für die Filtration benötigten Überdruck ist die Löslichkeit des CO_2 verbessert, was zu einer sehr guten CO_2 Aufnahme führen kann. Durch den Druckabfall und die Turbulenz im Filter kommt es allerdings zu einem Aufschäumen im Filter. Der Filter muss somit ständig entlüftet werden, um überschüssiges Gas zu entfernen. Auch der Einsatz von Stickstoff in Verbindung mit Rotweinen kann zu Schwierigkeiten durch das Aufschäumen führen.

Der Gasaustausch bei einer Inline-Begasung kann durch den Einbau von statischen Mixern noch weiter verbessert werden. In Abbildung 6 ist ein Mischer gezeigt, wie er aus der Flotation von Mosten bekannt ist. Ein Einsatz von solchen Mixern verbessert die Verteilung der Gasbläschen und steigert durch den nun intensiveren Kontakt von Gas und Flüssigkeit die Transfereffizienz.

Die beschriebenen Maßnahmen können analog beim bekannten und bewährten Instrument Carbofresh angewandt werden. Auch beim Carbofresh Gerät ist die Leitung nach der Fritte möglichst lange zu wählen, zudem kann der Austausch mit statischen Mixern weiter optimiert werden. Das Gerät unterscheidet sich von porösen Sinterfritten nur dadurch, dass die Gasbläschen nicht in den Wein eingedrückt, sondern mittels des Venturieffekts eingesaugt werden.

Abb. 5: In Line Sinterfritte (Kiesel, Heilbronn)

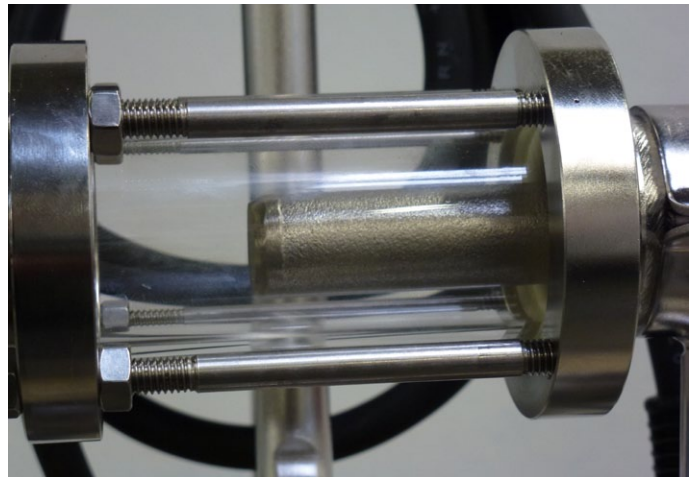


Abb. 6: Statischer Mischer



Abb. 7: Vollautomatischer Membrankontaktor „WineBrane“ (Fa. Inoxpa)



Fotos: Schmidt

Mit dem Membrankontaktor

Seit wenigen Jahren stehen an der Stelle von Sinterfritten oder dem Carbofreshgerät auch neuartige Membrananlagen zur Verfügung, welche zur Kontrolle der gelösten Gase optimal geeignet sind (Schmidt et al., 2008). Diese Membrankontaktoren werden mittlerweile von verschiedenen Herstellern in allen Größen und verschiedenen Ausstattungsmerkmalen angeboten (Abb. 7 und 8). Das Problem des starken Schäumens wird durch diese Anlagen weitestgehend gelöst, da überschüssiges Gas bei richtiger Anwendung über

die Membran entfernt wird und der Austausch damit ohne entstehende Gasbläschen abgeschlossen ist.

Herzstück aller angebotenen Anlagen ist eine Membran aus hydrophobem Polypropylen. Das Membranmaterial hat die Eigenschaft, dass es für Gase durchlässig ist, aber Flüssigkeiten wie Wasser und Wein können die Membran nicht passieren. Das besondere Design der Membranen bewirkt außerdem einen sehr guten Kontakt von Wein mit dem Gas und dadurch einen sehr schnellen und effizienten Transfer. Der effiziente Transfer



Abb. 8: Membrankontaktor (Kiesel, Heilbronn)

Fotos: Schmidt

Abb. 9: Membrankontaktor am Ausgang des Cross Flow Filters (www.inwag.de)

wird hauptsächlich dadurch sichergestellt, dass pro Liter Wein etwa 4 m² Membran zur Verfügung stehen.

Der Aufbau einer solchen Membran ähnelt dem Aufbau von Wärmetauschern. Es wird ein Gas auf einer Seite der Membran eingeführt, auf der anderen Seite der Membran fließt Wein im Gegenstrom. Beim Passieren der Membran findet ein Konzentrationsausgleich von Gas zu Flüssigkeit statt. Das Gas diffundiert durch die Membran. Bei der optimierten Anwendung diffundiert CO₂ wie gewünscht in den Wein, Sauerstoff und Stickstoff werden gleichzeitig aus dem Wein entfernt. Bei der Anwendung von Stickstoff werden CO₂ und Sauerstoff aus dem Wein entfernt. Beim Verlassen der Membran ist das Gas vollständig ausgetauscht und echt im Wein gelöst. Es sind bei richtiger Anwendung keine Gasbläschen sichtbar. Ein Filter kann daher direkt beschickt

werden, ohne dass dieser ständig entlüftet werden muss. Mit einer geeigneten Steuerung lässt sich mit Membrankontaktoren der Gehalt an gelöstem CO₂ exakt einstellen und im selben Durchgang den Sauerstoffgehalt effizient verringern. Verschiedene Steuerungsmodi wurden hierfür beschrieben (Schmidt et al., 2010). Die Anlagen verschiedener Hersteller unterscheiden sich vor allem im Grad der Automatisierung und in den Einstellmöglichkeiten der verschiedenen Modi. Einzelne Anlagenhersteller bieten voll automatisierte Anlagen mit Messsonden für CO₂ und Sauerstoff an.

Im Versuchskeller der LVWO Weinsberg wird ein Membrankontaktor zur optimalen Entgasung der Rotweine direkt nach der Cross Flow Filtration eingesetzt. Der Membrankontaktor ist am Ausgang des Cross Flow Filters montiert (Abb. 9). Der filtrierte Wein durch-

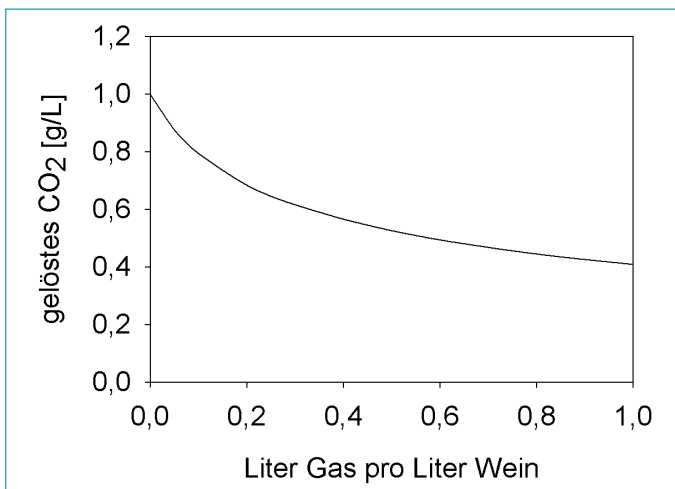
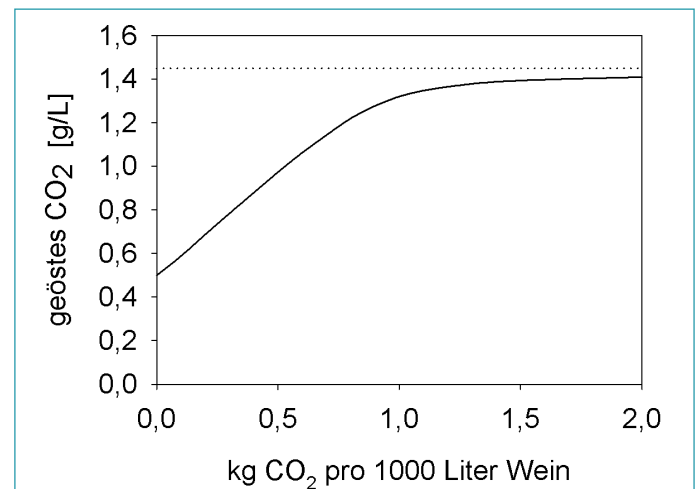
strömt den Membrankontaktor, Stickstoff strömt im Gegenstrom von oben durch den Kontaktor. Der Stickstoff entfernt die CO₂ aus dem Wein und verlässt den Membrankontaktor auf der Unterseite der Anlage. Die Steuerung des CO₂-Gehalts erfolgt mittels der Durchflussmengen an Gas und Wein. Je mehr Stickstoff am Wein vorbeiströmt, desto geringer sind die Gehalte an gelöster CO₂ nach der Behandlung.

Benötigte Gasmenge zur Entgasung mit N₂

Über die Menge an Stickstoff, welche man zur Reduzierung auf einen bestimmten CO₂-Gehalt benötigt, wurde bisher in der Literatur nur wenig geschrieben. Unter Berücksichtigung der Löslichkeit und des Gasvolumens kann die Menge des benötigten Gases aber abgeschätzt werden. Abbildung 10 zeigt die Mengen an Stickstoff, welche mit einer optimal gestalteten Sinterfritte bei 20 °C benötigt wird, um CO₂ von einem Ausgangsgehalt von 1,0 g/l zu verringern. Bei Rotweinen wird oft eine Absenkung von 1,0 g/l auf 0,5 g/l angestrebt. Das Diagramm verdeutlicht, dass hierfür bei 20 °C mindestens 0,5 Liter N₂ pro Liter Wein benötigt werden. Bei kälteren Temperaturen oder nicht optimalem Transfer ist der Stickstoffbedarf höher als in diesem Diagramm beschrieben. Sauerstoff ist schlechter im Wein gelöst als CO₂, es wird daher bei einer Begasung mit Stickstoff besser entfernt. Mit etwa 0,3 l N₂ pro Liter Wein können somit über 80 % des im Wein gelösten Sauerstoffs entfernt werden.

Begasung mit CO₂

Wie in Abbildung 11 dargestellt, kann CO₂ bei 20 °C nur bis zur Löslichkeit von 1,5 g/l in den Wein injiziert werden. Wird mehr CO₂ im Wein gewünscht, muss dessen Löslichkeit erhöht werden. Dies ist aber, wie anfangs beschrie-

Abb. 10: CO₂ Gehalt nach einer Entgasung mittels Stickstoff in Abhängigkeit vom Volumen Gas pro Volumen WeinAbb. 11: Gelöstes CO₂ nach einer Begasung (bei 20 °C ohne Gegen-druck; Löslichkeit maximal 1,5 g/l CO₂)

ben, nur durch eine Druckerhöhung oder eine deutliche Temperaturabsenkung möglich. Sobald der Wein ohne Gegendruck bei 20 °C ist, entgast das nun übersättigte CO₂ spontan, bis wieder das Gleichgewicht eingestellt wird. Besonders bei der Flaschenfüllung tendieren solch übersättigte Weine zu starkem Schäumen.

Verfahrensbeispiel

Abbildung 12 zeigt als Beispiel einer Entgasung von Wein mittels einer In-Line Sinterfritte bei 20 °C. Die Fritte wurde am Anfang einer 20 m langen Transferleitung in einen Puffertank installiert. In einem ersten Durchgang wurde der Wein mit Stickstoff begast, um den Sauerstoffgehalt zu reduzieren. Neben dem Sauerstoff wird gleichzeitig ein Teil des CO₂ aus dem Wein entfernt. Die Gabe von 0,25 Liter Stickstoff pro Liter Wein verringerte den Sauerstoffgehalt effizient von 0,8 mg/l auf 0,2 mg/l. Der CO₂-Gehalt wurde durch diese Behandlung von 0,85 g/l auf 0,5 g/l verringert. In einem zweiten Durchgang konnte gezeigt werden, wie mit einer gezielten Menge CO₂ dessen Gehalt wieder auf den Ausgangsgehalt von 0,85 g/l zurückgestellt werden kann (Blank und Vidal, 2012).

Auswirkung auf Aromastoffe

In diesem Beispiel und in weiteren Versuchen zum Gasmanagement wurde untersucht, wie sich die Weinhaltstoffe und einzelne Aromastoffe bei der Anpassung des CO₂ verhalten. Es konnte gezeigt werden, dass die Standardanalyseparameter wie Alkohol, Zucker, Säuren, flüchtige Säuren, SO₂ und der pH-Wert durch eine Behandlung mit der Fritte oder einem Membrankontaktor nicht messbar beeinflusst werden (Blank und Vidal, 2012).

Auch die gemessenen Aromastoffe (Ester und Höhere Alkohole) gehen bei einer Gasbehandlung nicht nachweisbar verloren. Dies wird durch die geringe Flüchtigkeit der Aromastoffe erklärt. Aromastoffe wie Ester und höhere Alkohole sind im Vergleich zu den Gasen Sauerstoff und CO₂ sehr schwer flüchtig und werden somit beim Gasmanagement nur in vernachlässigbaren Konzentrationen entfernt. Die Abbildung 13 nach Blank und Vidal (2012) zeigt den Anteil der Stoffe, welche mit einem Gas maximal entfernt werden können. Es wird deutlich, dass bei einem zielgerichteten Gasmanagement übliche Volumen von maximal 1 Liter Gas pro Liter Wein der Verlust an Estern und höheren Alkoholen verschwindend gering ist. Erst bei Gasmengen von über 5 l Gas pro Liter Wein können signifikante Mengen an den Aromastoffen verloren gehen. Solche Gasmengen werden aber nur bei unsachgemäßer Begasung verwendet. Berücksichtigt man, dass eine volle 50 l Gasflasche Stickstoff bei 200 bar etwa 10 000 l Gas

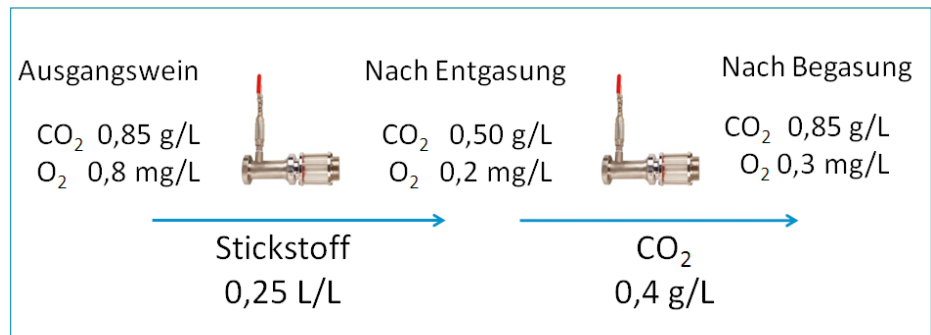


Abb. 12: Verfahrensablauf bei der Be- und Entgasung von Wein mittels Fritte

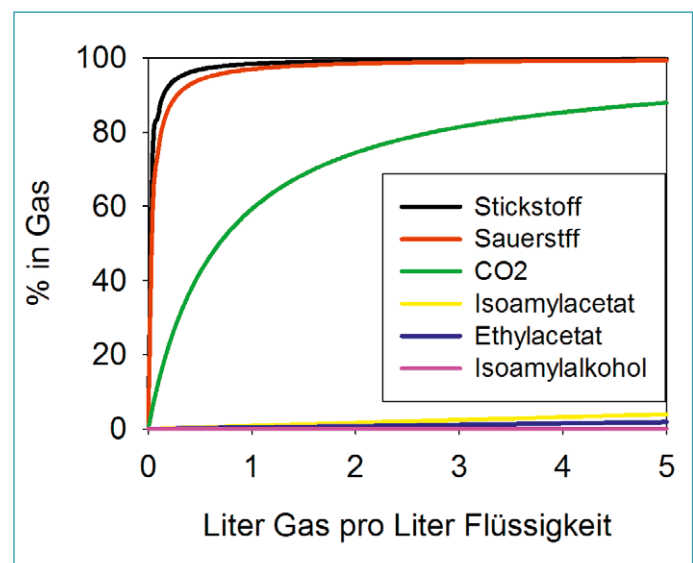


Abb. 13: Maximaler Verlust an Weinhaltstoffen bei der Begasung

enthält, würde man bei einem 2 000 l Weintank mindestens eine volle Gasflasche benötigen, um schmeckbare Mengen an Estern und höheren Alkoholen aus diesem Wein zu entfernen. Der üblicherweise entstehende Verlust an Aromastoffen ist weder durch moderne Analysemethoden noch durch die Sensorik erfassbar. Geschmackliche Unterschiede nach einer Behandlung zum Gasmanagement sind daher nur auf unterschiedliche CO₂-Gehalte zurückzuführen.

Fazit

Die Eigenschaften von gelösten Gasen in Wein wurden gezeigt. Die physikalischen Grundlagen zum Be- und Entgasen wurden erklärt. Bei vielen Rot- und Weißweinen besteht ein Bedarf Anpassung der gelösten Gase. Zur erfolgreichen Einstellung der gelösten Gase ist ein intensiver Kontakt von Austauschgas und Flüssigkeit notwendig. Dies ist sowohl mit einer Fritte als auch mit Membrankontaktoren möglich. Neuere Forschungsergebnisse konnten zudem zeigen, dass durch eine zielgerichtete Be- oder Entgasung Aromastoffe nicht nennenswert verloren gehen.

Literatur

- Blank, A. 2011. Development of a Membrane Contactor for Exact Management of Dissolved Gases in Wine before Bottling. Master Thesis, Supagro Montpellier Hochschule RheinMain.
- Blank, A., und Vidal, J.-C. 2012. Gas Management by Membrane Contactor: Ester and Higher Alcohol Losses, and Comparison with Porous Injector. Bulletin de l'O.I.V. 971-972-973: S. 5-14.
- Blankenhorn, D. 2002. Die Bedeutung von CO₂ für die Weinbereitung. Rebe & Wein 55: S. 14 - 15.
- Devatine, A., Chiciuc, I., Poupot, C., und Mietton-Peuchot, M. 2007. Micro-oxygenation of wine in presence of dissolved carbon dioxide. Chemical Engineering Science 62: S. 4579-4588.
- Liger-Belair, G. 2005. The Physics and Chemistry behind the Bubbling Properties of Champagne and Sparkling Wines: A State-of-the-Art Review. Journal of Agricultural and Food Chemistry 53: S. 2788-2802.
- Schmidt, O., Vidal, J.-C., und Waidelich, G. New approach by membrane contactor to manage dissolved gases in wine and to reduce alcohol content of wine. In Proceedings of the Intervitis Interfructa Congress for Process control 2010. S. 20-26.
- Schmidt, O., Waidelich, G., und Ulbrich, J. 2008. Völlig losgelöst – Verfahren zur Optimierung der Gehalte an gelösten Gasen sowie der Alkoholreduzierung. das deutsche weinmagazin 5: S. 20-25.
- Vidal, J.-C., Vidal Vila, M., und Waidelich, G. 2010. „Exact Management of dissolved gases of wines by membrane contactor.“ Presented at the 33 rd OIV World Congress of Vine and Wine, Tbilisi.
- Zoecklein, B.W., Fugelsang, K.C., Gump, B.H., und Nury, F.S. 1994. Wine Analysis and Production. Chapman & Hall, New York, USA.