

Verfahren zur Optimierung der Gehalte an gelösten Gasen sowie der Alkoholreduzierung

Völlig losgelöst



Anlage „WineBran“ mit einer Stundenleistung von 2 500 l.

Foto: Schmidt

Der Geschmack und die Lagerfähigkeit von Wein wird neben vielen anderen Parametern maßgeblich von der Art und Menge der im Wein gelösten Gase beeinflusst. Dr. Oliver Schmidt, Jens Ulbrich, Staatliche Lehr- und Versuchsanstalt für Wein- und Obstbau Weinsberg, und Gunter Waidelich, Inoxpa S.A., Ingenieurbüro Waidelich, Tübingen, berichten über ein neues Membran-Verfahren zur Optimierung der Gehalte an gelösten Gasen in Wein sowie der Alkoholreduzierung.

Sensorisch spielt der Gehalt an Kohlensäure im Wein eine überragende Rolle. Andere Gase wie beispielsweise gelöster Sauerstoff sind für vielfältige Umsetzung verantwortlich. Im Folgenden wird auf die Bedeutung des Gasgehaltes beim Weinausbau sowie die Verfahren zur Einstellung der Menge an gelösten Gasen eingegangen. Es wird eine neue Membran-Technologie vorgestellt, mit der der Gehalt an gelösten Gasen eingestellt werden kann. Des Weiteren ist diese Technik in der Lage, eine teilweise Alkoholreduzierung vorzunehmen.

Gelöste Gase im Wein

Die Bedeutung der gelösten Gase im Wein ist enorm. Nachfolgend wird daher über die Auswirkungen der drei Gase Kohlenstoffdioxid (CO₂), Sauerstoff (O₂) sowie Stickstoff (N₂) berichtet. Die Löslichkeit dieser drei Gase in Wein unterscheidet sich erheblich. Während CO₂ sich in vergleichsweise großen Mengen in Wein lösen kann, ist die Löslichkeit von Sauerstoff (O₂) und Stickstoff (N₂) mengenmäßig sehr begrenzt. In Wein wird die Löslichkeit der drei Gase bei Sättigung unter Normalluftdruck und 20° C wie folgt angegeben (Troost G, 1988):

- CO₂: 1 460 mg/l
- O₂: 8,8 mg/l
- N₂: 14,4 mg/l

Es fällt sofort auf, dass die Löslichkeit von CO₂ um mehr als das 160-fache größer ist als die des Sauerstoffes. Dieser immense Unterschied in der Löslichkeit erklärt sich dadurch, dass

gelöstes CO₂ eine Reaktion mit dem Wasser eingeht – aus CO₂ und H₂O entsteht Kohlensäure (H₂CO₃). Die Kohlensäure ist im Wein echt gelöst. Den gleichen Sachverhalt findet man bei der schwefligen Säure. Sobald gasförmige SO₂ zum Wein zugegeben wird, bildet sich schweflige Säure (H₂SO₃), dieser Sachverhalt ermöglicht dadurch die Löslichkeit des SO₂-Gases.

Einfluss von Temperatur und Druck auf die Löslichkeit

Charakteristisch für alle Gase ist ihre mit zunehmender Temperatur geringer werdende Löslichkeit. Diesen Zusammenhang kennt jeder Winzer, da die Bindung der Kohlensäure bei geringen Temperaturen weitaus besser ist als bei hohen. In Abbildung 1 ist die Löslichkeit von Kohlensäure in Abhängigkeit von Temperatur und Überdruck aufgezeigt. Je käl-

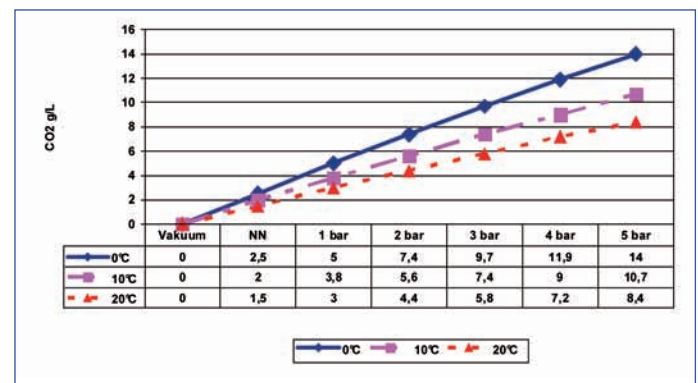
ter der Wein desto mehr Kohlensäure ist bei Normaldruck (NN) löslich. Andererseits braucht man für 3 bar Überdruck bei 0° C zirka 9,7 g/l CO₂ und bei 20° C nur 5,8 g/l CO₂.

Auch Sauerstoff und Stickstoff sind in Abhängigkeit von der Temperatur unterschiedlich löslich. In Abbildung 2 wird der Zusammenhang der Löslichkeit der beiden Gase in Wasser dargestellt. Das Verhalten in Wein darf ähnlich angenommen werden. Im Diagramm wird unterschieden zwischen der Löslichkeit von O₂ und N₂ in Wasser

- bei Überlagerung mit Luft und
- bei Überlagerung mit reinem Sauerstoff beziehungsweise reinem Stickstoff.

Betrachtet man zum Beispiel die Daten für Sauerstoff, so erkennt man, dass die Löslichkeit von Sauerstoff in Wasser bei Überschichtung mit Luft sehr viel geringer ist, als wenn man bei gleichem Luftdruck das Wasser unter

Abb. 1: Löslichkeit von CO₂ (g/l) in Abhängigkeit von Temperatur und Überdruck (Rankine B, 1989)



reinem Sauerstoff-Gas lagert. Da Luft nur rund 21 % Sauerstoff enthält, kann die Menge des gelösten Sauerstoffes in Wasser in einer Umgebung mit reinem Sauerstoff um den Faktor 4,8 erhöht werden (unterschiedlich Partialdrücke). Des Weiteren nimmt die Löslichkeit mit zunehmender Temperatur ab.

Ein ähnliches Verhalten findet man bei Stickstoff. In Wasser löst sich „unter“ Luft weniger Stickstoff als im Vergleich zu einer Begasung mit reinem Stickstoff-Gas. Hier ist jedoch der mengenmäßige Unterschied geringer ausgeprägt als beim Sauerstoff (Faktor 1,3), da die Luft mit 78 % schon relativ Stickstoff enthält. Die Mengen der gelösten Gase entsprechen dem jeweiligen Partialdruck.

Bedeutung von CO₂

Die Bedeutung der CO₂ in Wein ist mannigfaltig. Nachfolgend sollen daher kurz die wesentlichen Punkte genannt werden.

Rotwein: Bei kräftigen, gerbstoffreichen Rotweinen stören erhöhte Gehalte an CO₂ sehr stark. Die Wahrnehmung der Phenole wird unangenehm, teilweise werden solche Weine als hart und bitter angesprochen. Jedoch kann durch die Entfernung von CO₂ die sensorische Wahrnehmung deutlich verbessert werden. Leichten, fruchtbetonten Rotweinen stehen auch höhere Gehalte an CO₂. Sofern die CO₂ nicht durch den Ausbau auf das gewünschte Maß ausgetrieben ist, muss vor der Füllung der CO₂-Gehalt gegebenenfalls reduziert werden.

Weißwein: Bei Weißwein ist die Erkenntnis alt, dass geringe Gehalte an CO₂ den Wein lasch und müde erscheinen lassen, er ist weniger frisch und jugendlich. Viele Betriebe behandeln den Wein sehr schonend und erhalten so die Kohlensäure oder erhöhen den Gehalt an CO₂ unmittelbar vor der Abfüllung.

Den optimalen Gehalt an CO₂ findet man am besten sensorisch heraus. Meist werden folgende Gehalte als optimal angesehen (*Blankenhorn D, 2002; Ketter W, 1998*):

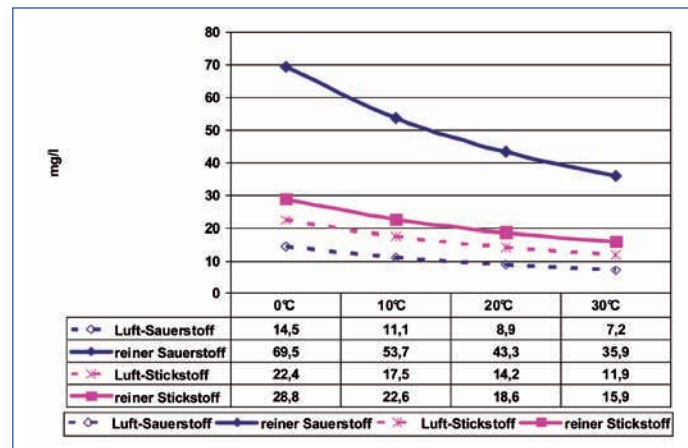
Rotwein 0,4 bis 0,8 g/l CO₂
 Weißwein 0,7 bis 1,5 g/l CO₂
 Rosé 0,7 bis 1,2 g/l CO₂

In der Praxis hat sich unter anderem das Carbofresh-Gerät der Firma Technica bewährt.

Bedeutung von O₂

In Wein lösen sich bei Normaldruck bis zu 8,8 mg/l O₂ bei 20° C. Bei höherem Druck und niedrigerer Temperatur kann mehr O₂ gelöst werden. Dies bedeutet, dass in sehr hohen Lagertanks mit großem statischen Druck im unteren Teil des Tanks bei Kellertemperatur große Mengen an O₂ gelöst werden können. Dieser Sauerstoff reagiert in der Kälte nicht sofort mit den Weinhaltstoffen sondern erst wenn der Wein sich wieder erwärmt. Je nach Wein kann pro 1 mg/l O₂ bis zu 4 mg/l freie schweflige Säure oxidiert werden (*Schnei-*

Abb. 2: Löslichkeit von Sauerstoff/ Stickstoff-Gas in Wasser bei Begasung mit Luft beziehungsweise reinem Sauerstoff-Gas/Stickstoff-Gas unter Normaldruck (Wasser-Wiki: 2008)



der V, 1999). Dies bedeutet im schlimmsten Fall, dass bei einer Sättigung mit Sauerstoff bis zu 32 mg/l freie SO₂ oxidiert werden können (8 mg/l O₂ x 4 mg/l SO₂ /mg/l O₂). Es wird ersichtlich, dass mit Kenntnis des gelösten Sauerstoffes direkt nach der Abfüllung die Zehrung der freien SO₂ abgeschätzt werden kann. Die Umsetzung des O₂ im Wein dauert allerdings mehrere Wochen. Weitere Effekte wie die oxidative Veränderung des Weinaromas sind zu erwarten. Bei Rotweinen mit ausreichend stabiler SO₂ kann der Effekt sogar positiv sein. Hingegen ist bei aromatischen Weißweinen das Fruchtroma gefährdet.

Bedeutung von N₂

Stickstoff als Gas hat in Wein eine geringe Löslichkeit von zirka 14,4 mg/l bei 20° C und Normaldruck. Verglichen mit dem Sauerstoff ist dies jedoch die 1,6-fache Menge. Aufgrund des reaktionsneutralen Charakters von Stickstoff (= Inertgas) ist dies im Gegensatz zum Sauerstoff aus chemischer Sicht belanglos.

Vielmehr nutzt man diese geringe Löslichkeit des Stickstoffes in der Oenologie in mehrfacher Hinsicht. Zum einen wird Stickstoff als Inertgas zum Verdrängen von Sauerstoff beim Vorspannen von Tanks, Filtern und Leitungen verwendet oder auch zum Übersichten von Anbruchgebunden (*Köhler HJ, 1999*). Des Wei-

teren ist N₂-Gas beim Flotieren von großem Nutzen. Aufgrund der geringen Löslichkeit wird bei meist 6 bar Überdruck die sechsfache Menge an N₂-Gas im Most gelöst. Direkt nach der Entspannung auf Normaldruck entgast so viel an N₂-Gas, bis das Gleichgewicht entsprechend dem Umgebungsdruck wieder hergestellt ist. Der freiwerdende Stickstoff bildet unzählige kleine Bläschen, die den Trub binden und an die Oberfläche treiben.

Entfernen von CO₂

Neben dem natürlichen Verlust an CO₂ beim Pumpen, Filtrieren, Rühren oder ähnlichem beim Ausbau des Weines kann auch über eine Lagerung bei erhöhter Temperatur die CO₂ entfernt werden. Da es jedoch ein schwer zu kontrollierender und wenig geführter Vorgang ist, wird häufig ein schnellerer und sicherer Weg durch Begasung mit N₂-Gas gewählt.

Entfernen von CO₂ durch Begasung mit N₂-Gas

Zum Entfernen von überhöhten CO₂-Gehalten kann man Stickstoff-Gas verwenden. Das N₂-Gas wird über verschiedene Techniken in den CO₂-haltigen Wein eingebracht:

- Fritte: direkt an Flasche mit Druckminderer
- Fritte mit Impuls-Begasungs-Gerät (Liquosystems)
- Carbofresh-Gerät (Firma Technica)

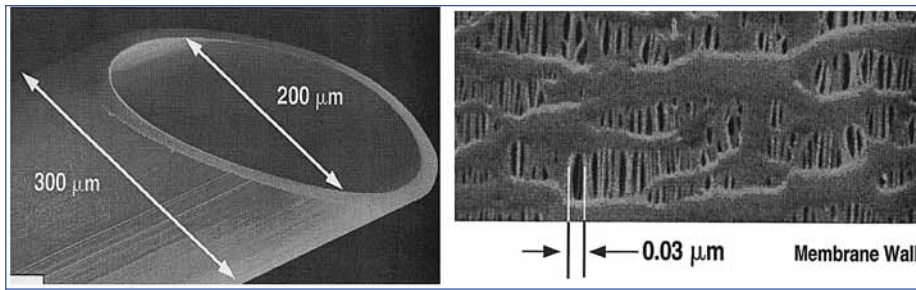


Abb. 3: Mikroskopische Aufnahme von Röhrenmembran (links) sowie Membranwand

Das Prinzip der Entfernung der CO_2 beruht auf zwei Phänomenen: Stickstoff-Gas wird in den Wein über Fritte oder Carbofresh-Gerät eingebracht. Da nur sehr wenig Stickstoff im Wein löslich ist, bilden sich sofort Blasen die nach oben entweichen. Der Effekt der Kohlensäureminderung basiert auf zwei Phänomenen: Zum einen liefern die Blasen einen starken mechanischen Impuls beziehungsweise eine Turbulenz, welche die Kohlensäure austreiben kann. Zum anderen diffundiert in die auftriebende N_2 -Gas-Blase ein Teil der im Wein gelösten CO_2 . Im Tank wächst die ursprünglich kleine N_2 -Blase auf dem Weg nach oben und kommt oben als Gemisch aus N_2 und CO_2 an. Damit kann sehr effektiv der Gehalt an gelöstem CO_2 reduziert werden.

Hierzu wird das Carbofresh-Gerät anstatt von CO_2 mit N_2 betrieben.

Neben diesen bekannten Techniken wurden in der Vergangenheit Versuche mit einer im Weinbereich neuartigen Membrantechnologie durchgeführt. Hierbei handelt es sich um eine spezielle Membran, welche weltweit schon intensiv bei Wasser, alkoholfreien Getränken sowie in der Bierindustrie eingesetzt wird ((*Liqui_Cel*, 2008)). Für die Anwendung im Wein trägt die Technologie die Bezeichnung „WineBrane“.

WineBrane Anlagenbeschreibung

Die WineBrane-Anlage ist ein Kontroll- und Managementsystem, mit dem die Gehalte an gelösten Gasen und der Alkoholgehalt kon-

trolliert beziehungsweise eingestellt werden können. Gase im Wein können bis zur Sättigung zudosiert und/oder in ihrer Konzentration reduziert werden. Weininhaltsstoffe wie Alkohol, die in ihrer Gasphase in kleiner Molekülgröße vorliegen, können unter speziellen Bedingungen ebenfalls reduziert werden.

Im Wesentlichen erfolgt der Stoffaustausch der WineBrane Anlage über eine hydrophobe Röhrenmembran mit geringer Oberflächenenergie. Die Porengröße ist so gestaltet, dass sie undurchlässig für flüssige Stoffe ist. Dies bedeutet, dass Gase oder Stoffe, die sich in ihrer Gasphase befinden, die Membranwand passieren können. Der physikalische Mechanismus ist im Wesentlichen das Prinzip der Osmose. Sind auf der einen Seite der Membran Stoffe in höherer Konzentration vorhanden als auf der anderen Seite, dann wandern diese Stoffe durch die Membran, bis es zu einem Ausgleich der Stoffkonzentration kommt oder die Sättigung erreicht ist.

Membranaufbau

Die Membran besteht aus einem Membranmodul mit Röhren-Membranpaket (Abb. 4). Der Aufbau ähnelt dem von Cross-Flow-Modulen (Maccaroni). Die einzelnen Membranröhren bestehen aus Polypropylen mit niedriger Oberflächenenergie. Die Membranröhren sind hydrophob, mit einem Innendurchmesser von 0,2 mm und einer mittleren Porengröße von 0,03 μm (Abb. 3). Durch diese chemischen- und physikalischen Eigen-

schaften können nur Gase von geringer Molekülgröße die Poren der Membran passieren.

Arbeitsprinzip

Die WineBrane Anlage gibt es in vier verschiedenen Varianten mit maximalen Durchflussmengen von 2 500 l/h bis maximal 20 000 l/h, in manueller oder vollautomatischer Ausführung.

Die Membran kann sowohl im Überdruckbereich (Gaszufuhr) als auch im Unterdruckbereich (Gasentfernung) betrieben werden. Zur Gaszufuhr wird im Gegenstrom der Wein gegen das zu dosierende Gas an der Röhrenmembran vorbeigeführt. Durch die Membran diffundiert durch die Druckdifferenz und das osmotische Gefälle das Gas direkt in den Wein. Die Dosierung von CO_2 kann bis zur Sättigung erfolgen. Die WineBrane kann sowohl im Normal- als auch im Überdruckbereich gefahren werden. Das Auffrischen von Weißwein oder auch das Herstellen von Perl- und Schaumwein ist daher möglich.

Beim Entfernen von gelösten Gasen wird auf der Gasseite der Membran ein Vakuum angelegt.

Beim Entgasen – zum Beispiel Reduzierung der Kohlensäure aus Rotwein – wird die CO_2 durch die Membran gesaugt und abgeführt. Aufgrund der hydrophoben Eigenschaften der Membran können nur entsprechende gasförmige Moleküle mit kleiner Molekülgröße diese Membran passieren, wodurch keine Verluste an Aromastoffen zu erwarten sind. Gleichzeitig – gewissermaßen als Nebeneffekt – wird auch gelöster Sauerstoff entfernt.

Pilotanlage

Die im Folgenden vorgestellten Versuche wurden mit einer Pilotanlage mit einer Leistung

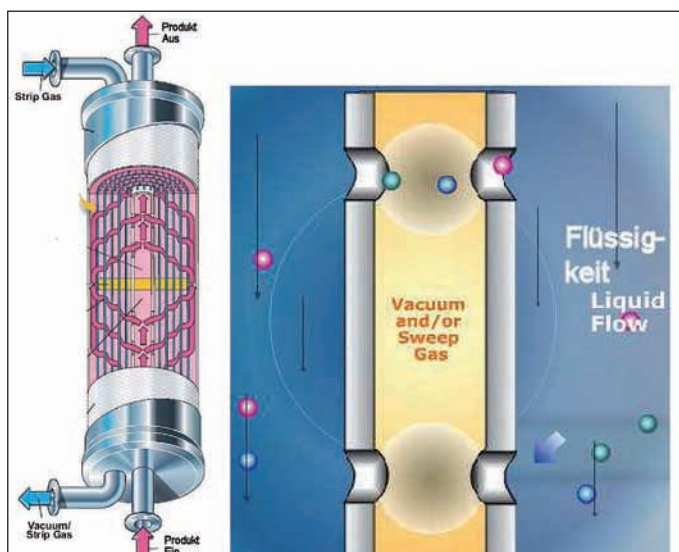


Abb. 4: Membranmodul (links) sowie Röhrenmembran (rechts) in schematischer Darstellung.



Abb. 5: Pilotanlage der WineBrane mit einer Stundenleistung von bis zu 400 l/h.

Foto: Schmidt

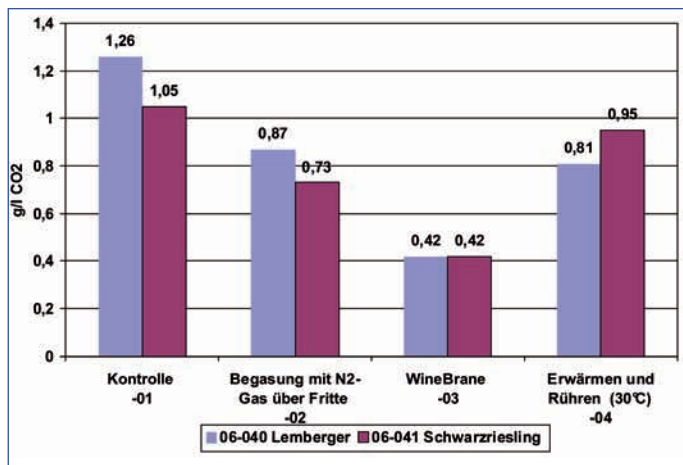


Abb. 6: Vergleich der Entfernung von CO₂ aus Rotwein (Ulbrich J, 2007)

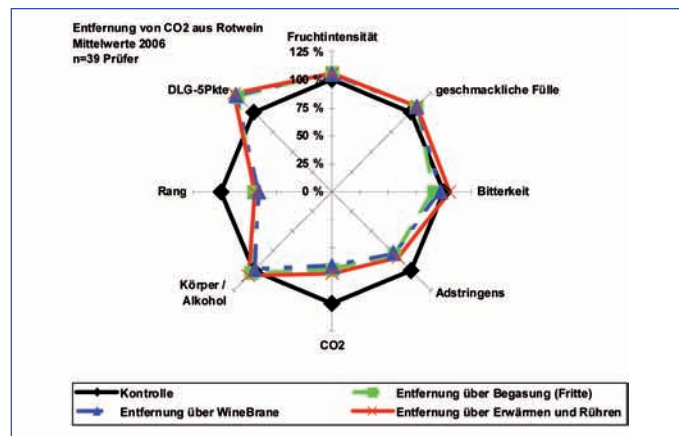


Abb. 7: Zusammengefasste sensorische Beurteilung von Rotweinen mit unterschiedlichen CO₂-Gehalten

von bis zu 400 l/h behandelt (Abb. 5). Diese Anlage wurde mittels 3D-CAD entworfen, größere Anlagen sind bereits in anderen Getränkeparten im Einsatz.

Alle Anlagengrößen sind so kompakt aufgebaut, dass normale Türen kein Hindernis darstellen. Außerdem sind die Anlagen komplett ausgestattet, um diese unabhängig von Pumpen oder sonstigen Aggregaten betreiben zu können. Bei der Karbonisierung muss lediglich handelsübliches CO₂ aus Gasflaschen der Anlage zugeführt werden.

Versuche und Ergebnisse

Bei Versuchen zur Entfernung von CO₂ aus Rotwein zeigte sich, dass mit der WineBrane eine sehr schnelle und sichere Reduzierung des CO₂-Gehaltes möglich ist. Im Prinzip muss der Wein die Membran nur passieren. Auf der Gegenseite der Membran liegt ein Vakuum an und saugt gelöste Gase aus dem Wein.

Im direkten Vergleich mit unterschiedlichen Methoden zur Entfernung von CO₂ aus Rotwein stellen sich interessante Resultate ein (Abb. 6). Man sieht deutlich, dass die WineBrane als aktives Verfahren die geringsten CO₂-Gehalte hervorbringt. Sowohl das Begasen mit Stickstoff über eine Fritte als auch das Erwärmen auf 30° C und Ausrühren der CO₂ waren nicht in der Lage, den Gehalt auf ein vergleichbares Niveau wie die WineBrane zu senken.

Sensorik nach CO₂-Entfernung

Die sensorische Verkostung zeigte, dass erhöhte Gehalte an CO₂ in Rotwein sehr negativ beurteilt werden. In Abbildung 7 sind die Resultate der Verkostungen der beiden Rotweine aus Abbildung 6 zusammengefasst. Es zeigt sich keine Präferenz für ein Verfahren der Entfernung von CO₂. Vielmehr ist auffällig, dass alle Weine mit geringerer CO₂-Menge als in der Kontrolle sensorisch bevorzugt wurden. Es zeigt sich auch, dass die Wahrnehmung der Adstringenz zurückgeht.

Zusatz von CO₂

Der Zusatz von CO₂ zu (Weiß)-Wein ist mit der WineBrane problemlos und erfolgt kontinuierlich (Abb. 8). Jedoch kann man bei Normaldruck nur bis zur Sättigungsgrenze gelan-

gen – denn mehr als Sättigung ist mit keiner Technik möglich. Daher sind die Werte für die WineBrane und das Carbofresh Gerät identisch (Abb. 8).

Die sensorische Wirkung der CO₂ ist bekanntermaßen positiv, aus diesem Grund wurde auf die Darstellung dieser Resultate verzichtet.

Alkoholentzug

Mit der WineBrane kann neben der Einstellung der Gase auch Alkohol aus Wein entfernt werden. Dazu wird kein Gas sondern heißes Wasser im Gegenstrom zum Wein gefahren. Ein Teil des Alkohols kann durch die hydrophobe Membran passieren. Hierbei wurde festgestellt, dass mit steigender Temperatur

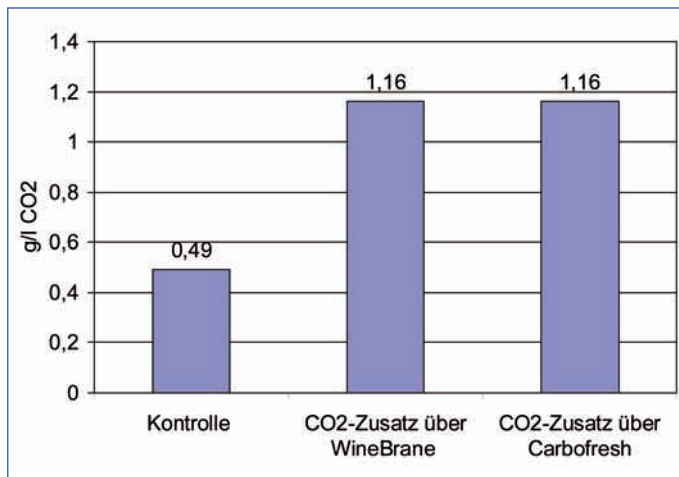


Abb. 8: Vergleich des CO₂-Zusatzes mit zwei unterschiedlichen Techniken bei Normaldruck und 20° C bei Riesling

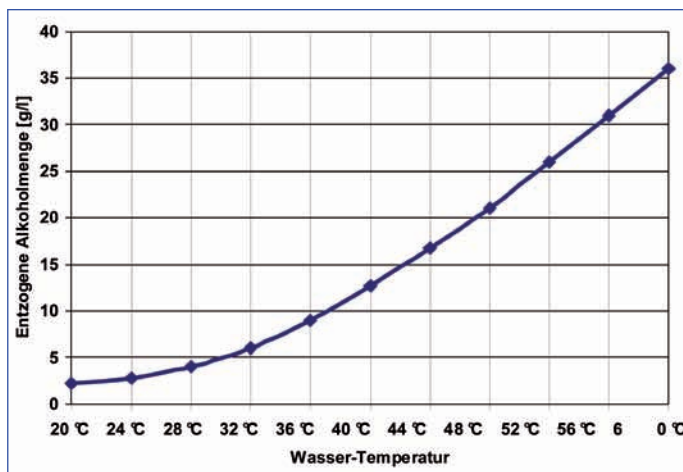


Abb. 9: Alkoholreduzierung bei Riesling mit 109,8 g/l Alkohol mit unterschiedlichen Wasser-Temperaturen

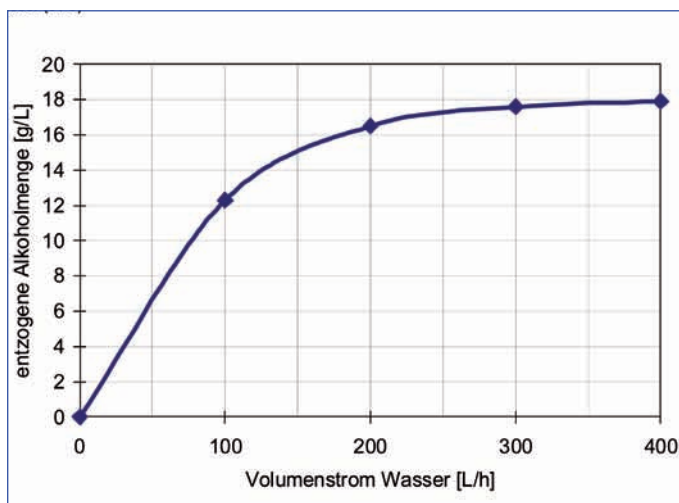


Abb. 10: Alkoholreduzierung bei Wein mit 100 l/h Durchflussmenge im Gegenstrom mit Warm-Wasser (51° C)

der Übergang von Alkohol erhöht wird (Abb. 9). Durch Steigerung des Volumenstroms an Heiß-Wasser konnte ebenfalls eine Erhöhung der Alkoholentfernung erreicht werden (Abb.10). Jedoch ist der Effekt der Temperatur deutlich ausgeprägter. Mit der Versuchsanlage stellten sich Alkoholreduzierungen von bis zu 40 g/l (5 %vol) ein.

Die Versuche zum Alkoholentzug wurden im Kleinmaßstab durchgeführt. Sie erfolgten in der Absicht, die Leistungsfähigkeit dieses Verfahrens beurteilen zu können – auch wenn dafür zurzeit in der EU keine gesetzliche Zulassung vorliegt.

Testweise wurden ein Weißburgunder sowie ein Riesling im Alkoholgehalt reduziert. Hierbei stellten sich interessante Ergebnisse ein. Verfahrenstechnisch wurde so vorgegangen, dass der Ausgangswein mit der maximal möglichen Menge an Alkoholreduzierung über die WineBrane gefahren wurde. Anschließend wurde durch Rückverschnitt eine Variante mit mittlerer Alkoholreduktion hergestellt (50/50). Analytisch zeigt sich, dass durch die Entfernung des Alkohols eine Anreicherung einzelner Komponenten eintritt. Beispielsweise nehmen der zuckerfreie Extrakt sowie die titrierbare Gesamtsäure zu. Die Analysendaten sind in Tabelle 1 zu finden.

Sensorik

Viel spannender als die reine analytische Auswirkung des Alkoholentzuges ist die sensorische Beurteilung der Weine. Wird durch die Behandlung das Aroma verändert? Werden wertgebende, aromatische Inhaltsstoffe durch die Membran abgetrennt? Theoretisch ist es naheliegend, dass leicht flüchtige Substanzen durch die Membran diffundieren können und so die Aromaintensität des Weines mindern könnten.

Die Sensorik zeigt, dass die Entfernung des Alkohols beim trockenen Weißburgunder (Abb. 11) sehr viel negativer beurteilt wurde als beim restsüßen Riesling (Abb. 12). Die qualitative Einschätzung des Weißburgunders hat sich mit der entfernten Menge an Alkohol

Tab. 1: Analysendaten der Varianten mit Alkoholreduktion durch die WineBrane

Versuchs-Nr.	Behandlung	Alkohol g/l	Zucker g/l	zuckerfreier Extrakt g/l	titrierbare GS g/l	pH-Wert
Weißburgunder						
06-045-01-	Kontrolle	107,1 (13,7 % Vol.)	1,5	18,5	5,7	3,52
06-045-02-	Entzug von 1,7 % Vol. Alkohol durch Rückverschnitt minus 13 g/l Alk.	94,2 (12,0 % Vol.)	1,7	19,7	5,9	3,47
06-045-03-	Entzug von 3,2 % Vol. Alkohol minus 25 g/l	82,1 (10,3 % Vol.)	1,5	21,0	6,0	3,46
Riesling						
06-046-01-	Kontrolle	108,0 (13,8 % Vol.)	11,8	26,1	7,5	3,32
06-046-02-	Entzug von 1,8 % Vol. Alkohol durch Rückverschnitt minus 14 g/l Alk.	94,0 (11,9 % Vol.)	12,8	27,3	7,7	3,28
06-046-03-	Entzug von 3,7 % Vol. Alkohol minus 29 g/l	78,9 (10 % Vol.)	12,8	28,6	8,0	3,28

verschlechtert. Hingegen ergab sich beim Riesling, dass die Entfernung von 2 % Vol. Alkohol sensorisch besser beurteilt wird als die Kontrolle und die Variante mit dem vollen Alkoholentzug.

Diese Sachverhalte müssen jedoch noch durch weitere Versuche überprüft werden.

Zusammenfassung

Es wird auf die Löslichkeit sowie die Bedeutung der im Wein löslichen Gase Kohlendioxid (CO₂), Sauerstoff (O₂) und Stickstoff (N₂) eingegangen. CO₂ kann in Wein in großen Mengen gelöst werden, da diese eine Reaktion mit dem Wasser eingeht und Kohlensäure (H₂CO₃) bildet. Sauerstoff und Stickstoff sind nur in sehr geringen Mengen in Wein löslich. Es wird auf die Bedeutung von gelöstem Sauerstoff zum Beispiel durch Oxidation von Weininhaltsstoffen eingegangen.

Gelöste Kohlensäure ist in Weißwein meist erwünscht und wird häufig zudosiert. Hingegen sind erhöhte Gehalte an CO₂ bei Rotweinen in der Regel unerwünscht.

Es wird eine neue Technik (WineBrane) zur Entfernung von Gasen aus Wein vorgestellt. Mit der gleichen Membrantechnik kann auch

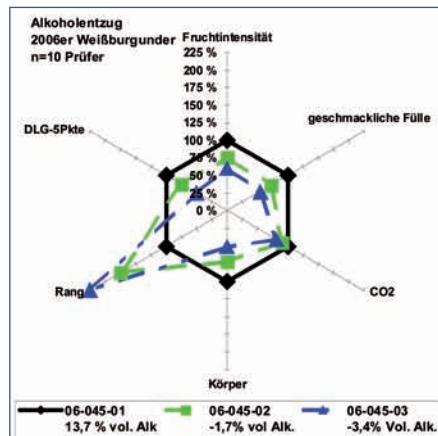


Abb. 11: Ergebnis der sensorischen Prüfung nach Alkoholreduktion bei Weißburgunder

CO₂ zu Wein zudosiert werden. Erste Ergebnisse werden bereits veröffentlicht und diskutiert.

Die vorgestellte neue Membrantechnik ermöglicht bei spezieller Verfahrenstechnik eine teilweise Entfernung von Alkohol aus Wein. ■

Literatur

1. Blankenhorn D (2002): „Die Bedeutung von CO₂ für die Weinbereitung“; Rebe & Wein; Nr.11; S.14-15; <http://www.landwirtschaft-mlr.baden-wuerttemberg.de/la/lvwo/Veroeff/co2wein.htm>
2. Kettner W (1998): „Füllung - Die Bedeutung von SO₂, CO₂ und O₂“; das deutsche weinmagazin; Nr.9; S.92-101,

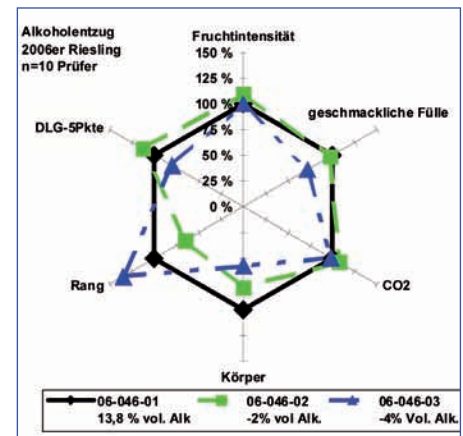


Abb. 12: Ergebnis der sensorischen Prüfung nach Alkoholreduktion bei Riesling

3. Köhler HJ (1999): „ATW-Bericht Nr. 100- Übersichtung von Anbruchgebinden mit N₂ und CO₂“; KTBL, ATW-Berichte
4. Liqui_Cel (2008): „CO₂-Entgasung von Wasser mit Liqui-Cel Entgasungsmodulen“ <http://www.liqui-cel.de/CO2.cfm>
5. Rankine B (1989): „Making good wine – a manual of winemaking practice for Australia and New Zealand“; Pan Macmillan Australia Pty Ltd, Sydney, ISBN 0-7251-0563-1
6. Schneider V (1999): „SO₂-Stabilisierung – Luftton-Fehler im Rotwein vermeiden“; das deutsche weinmagazin; Nr.25; S.18-21,
7. Troost G (1988): „Technologie des Weines“ 6. Auflage. Ulmer Verlag, Stuttgart, ISBN 3-8001-5816-7
8. Ulbrich J (2007): „Technikerarbeit: Vergleich herkömmlicher Methoden und einer hydrophoben Membran zur Einstellung des Gehaltes an CO₂ sowie der Alkoholreduzierung“; Staatliche Lehr- und Versuchsanstalt für Wein- und Obstbau Weinsberg
9. Wasser-Wiki: (2008): „Lösungsmittel für Gase“; Internet; http://www.wasser-wiki.de/doku.php?id=wasser_eigenschaften:loesungsmittel:gase:start