

Einsparung von SO₂ unter besonderer Berücksichtigung des Sauerstoffs

Der rationale Einsatz der schwefligen Säure während Vinifikation, Ausbau und Lagerung der Weine sowie der Zusammenhang mit der Aufnahme von Sauerstoff.



Die SO₂ wirkt auf drei unterschiedlichen Ebenen :

- Mikrobiologischer Schutz.
- Schutz vor Oxidation enzymatischer oder chemischer Art.
- Bindung von Acetaldehyd unter Beseitigung seines typischen Eigengeruchs (Luftton)

Unter welchen Bedingungen sind diese Effekte tatsächlich nötig ?

In welchen Situationen kann man die SO₂-Dosage verringern oder völlig entbehren ?

Die Diskussion um SO₂ ist auch und besonders eine Diskussion über Sauerstoff.

Die Oxidation weißer Moste

Definition:

Vollständiger Verzicht auf SO_2 vor der Gärung.

Bedingungen:

Gesundes Lesegut und relativ niedrige Temperaturen ($< 18^\circ \text{C}$).

Risiken:

Mikrobiologische Fehlentwicklungen bei hohen Temperaturen.

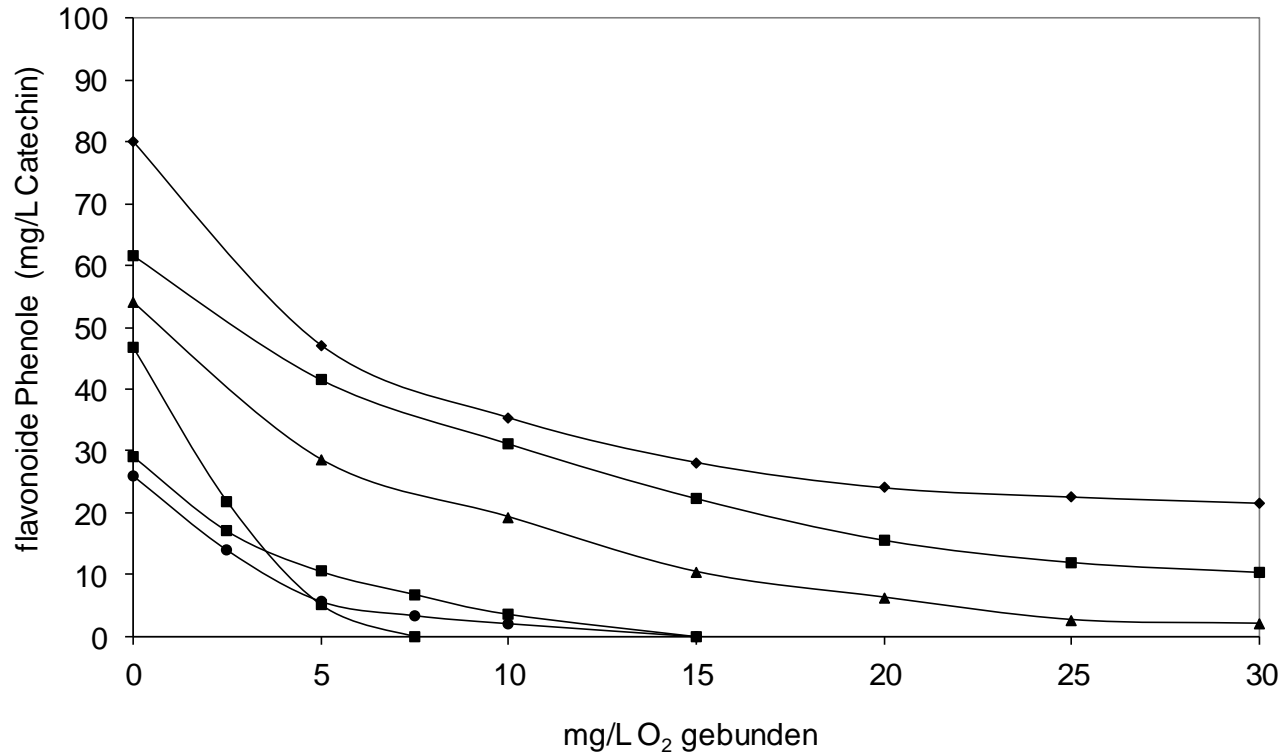
Vorteile für den Gehalt an Gesamt- SO_2 :

Nur ca. 50 % der vor der Gärung zugesetzten SO_2 bleiben erhalten. Aber:

Ohne SO_2 produziert die Hefe während der Gärung weniger Acetaldehyd als wichtigsten SO_2 -Bindungspartner. Konsequenz:

→ weniger gebundene SO_2 → weniger Gesamt- SO_2

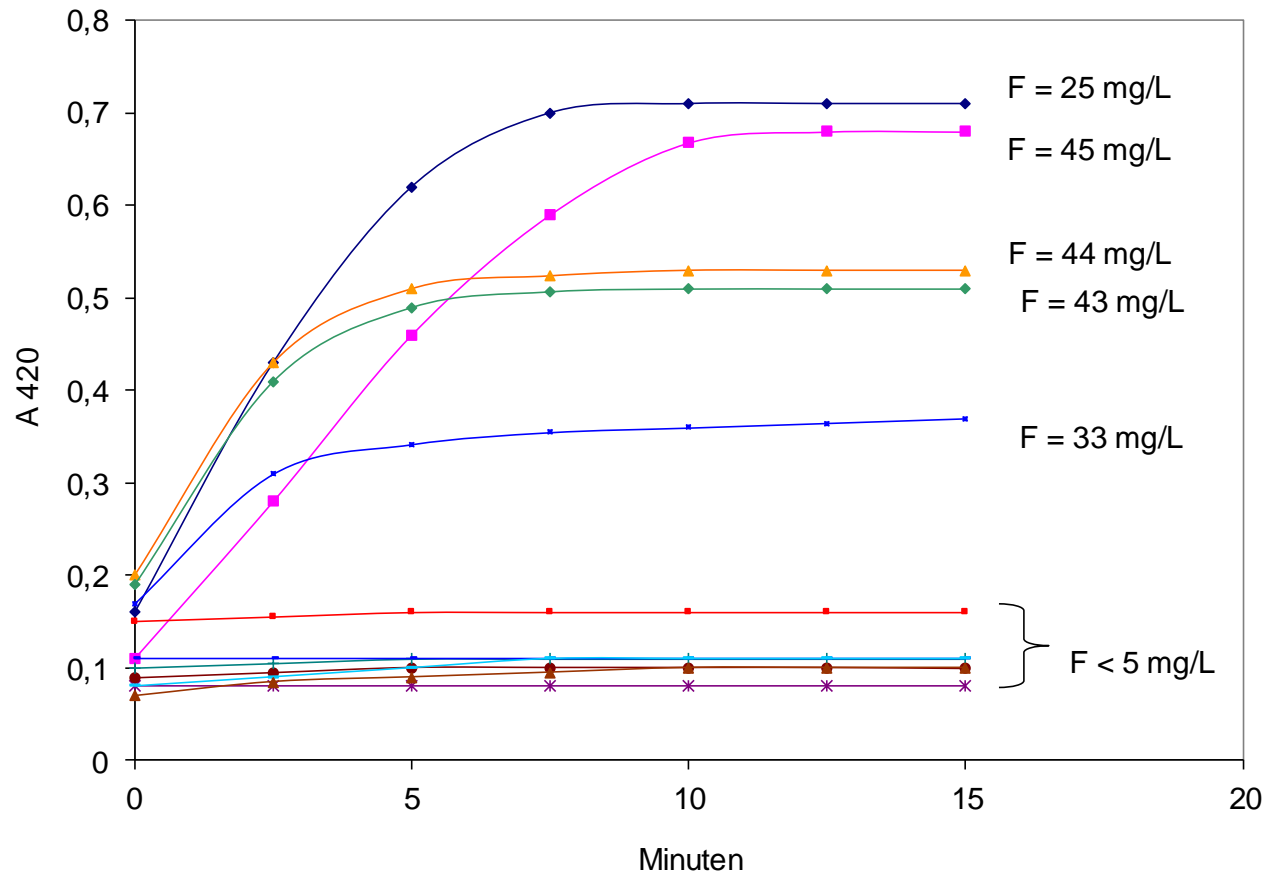
Ausfällung flavonoider Phenole während der Oxygenierung weißer Moste; Einfluss der Menge des umgesetzten Sauerstoffs.



In Abwesenheit von SO₂ vor der Gärung führt die Oxidation weißer Moste zu einer Ausfällung flavonoider Phenole, die für Bräunungspotenzial und Adstringens verantwortlich sowie wesentlich an der oxidativen Alterung der späteren Weine beteiligt sind.

Die ausgeflockten Phenole werden im Rahmen einer scharfen Mostvorklärung abgetrennt. Auf diesem Weg trägt die Oxidation der Moste zu einer besseren Stabilität der Weine gegenüber der oxidativen Alterung bei.

Einfluss der Konzentration flavonoider Phenole (F) auf die Bräunung (A 420) junger Weißweine ohne SO₂



Die Bräunung filtrierter Weißweine ohne SO₂ ist die optisch sichtbare Folge tiefgreifender oxidativer Veränderungen, welche in Abwesenheit flavonoider Phenole nicht ablaufen können. Optimal bei Weißwein ≤ 5 mg/L Flavonoide.

Chemische Folgen der Mostoxidation

- **Die Oxidation des Mostes erlaubt die Ausflockung flavonoider Phenole durch natürliche enzymatische Reaktionen.**
- **Abtrennung der ausgeflockten Flavonoiden durch scharfe Mostvorklärung führt zu flavonoidfreien Weißweinen.**
- **Keine flavonoide Phenole = keine Gerbstoffe**
- **Flavonoide im Weißwein oxidieren selbst und katalysieren weitere Oxidationen, daher sind flavonoidfreie Weißweine beständiger gegenüber oxidativer Alterung.**

Sensorische Folgen der Mostoxidation

Zusammenfassung vergleichender Versuche weltweit

Alle Rebsorten:

- Minderung oder völlige Abwesenheit von Gerbstoffen (flav. Phenole) und Adstringens

Bei Sauvignon blanc und anderen Rebsorten mit aromarelevanten Thiolen im Sortenaroma:

- Aromaverluste, starke Minderung der Attribute "tropische Früchte, Cassis, Grapefruit, Maracujá“

Bei allen anderen Rebsorten:

- keine Aromaverluste
- etwas weniger Bockser und flüchtige Phenole
- Betonung des Sortenaromas, weniger indifferente Gäraromen
- reiferes Sortenaroma, z. B. "grüne Äpfel“ → "gelbe Äpfel“, "Citronen“ → "Grapefruit“
- Vorteile besonders ausgeprägt nach Maischestandzeit / Kaltmazeration
- höhere aromatische Stabilität und Beständigkeit gegenüber oxidativer Alterung
- Investition in Zukunft des Weins, keine wesentlichen Vorteile im jungen Weinstadium.

Unterschiede zwischen Wein- und Mostoxidation

Mostoxidation

- Enzymatisch und sehr spezifisch
- Nebenprodukt = H_2O
- Oxidationsprodukte fallen aus *

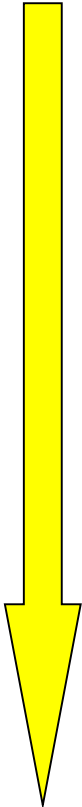
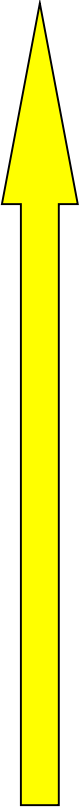
* Oxidiert-braune Moste gewinnen nach Filtration ihre grün-gelbe Farbe zurück → Bräunung wird durch ausgeflockte Feststoffe hervorgerufen.

Weinoxidation

- Chemisch und nicht spezifisch
- Nebenprodukt = H_2O_2
- Oxidationsprodukte bleiben in Lösung (Ethanol!)

Die Oxidation des Mostes hat nichts mit der Oxidation des Weins zu tun und wirkt dieser sogar entgegen. Der oxidative Zustand des Mostes wird nach Eintritt der Gärung durch die Reduktionskraft der Hefe vollständig aufgehoben.

Reduktive vs. oxidative Mostverarbeitung; Einfluss von SO₂ und Sauerstoff vor der Gärung

 <p>Oxidation vor Gärung</p>	Hyper-Reduktion	Extremer Schutz vor Oxidation durch Anwendung von SO ₂ , Ascorbinsäure und Inertgas bei Maische, Pressung und Mostverarbeitung.	 <p>Oxidative Alterung im Wein</p>
	Reduktive Vinifikation	Anwendung von SO ₂ und eventuell Ascorbinsäure, beschränkter Sauerstoffzutritt bei Mostverarbeitung. Keine Oxidation.	
	Normalverarbeitung	Schwefelung des Mostes ohne besondere Maßnahmen zur Vermeidung von Sauerstoffaufnahme. Geringe Oxidation	
	Oxidative Vinifikation	Keine Schwefelung vor Gärung, keine Maßnahmen zur Verhinderung des Sauerstoffzutritts. Passive Oxidation.	
	Hyper-Oxidation (aktive Mostoxidation)	Keine SO ₂ vor Gärung, aktive Zufuhr von reinem Sauerstoff oder Luft. Gezielte Oxidation.	

**Je reduktiver die Mostverarbeitung, desto sensibler der Wein gegenüber Oxidation.
Die Unterschiede zwischen reduktiver und oxidativer Vinifikation sind gradueller Natur.**

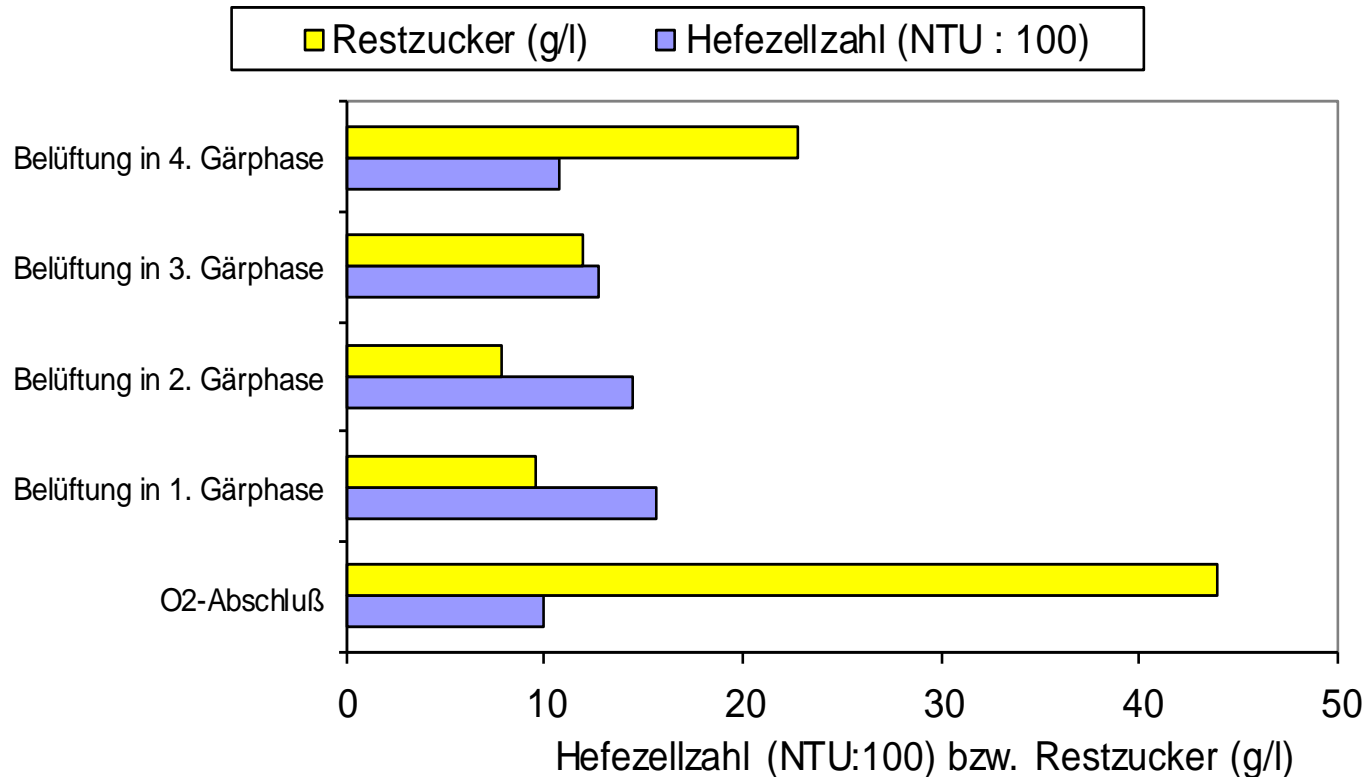
Die alkoholische Gärung – eine kritische Phase für den Gehalt an Gesamt-SO₂

- Alle Hefen produzieren SO₂, wobei die Menge vom Hefestamm und vom Most abhängt. Nur wenige Hefestämme synthetisieren weniger als 10 mg/L SO₂.
- Die Hefen produzieren Acetaldehyd, welcher der wichtigste Bindungspartner der SO₂ im Wein darstellt.
- 1 mg/L Acetaldehyd = 1,45 mg/L SO₂
- Erst wenn Acetaldehyd vollständig an SO₂ gebunden ist, bleibt freie SO₂ übrig.
- Die Bildung von Acetaldehyd steigt unter den Bedingungen langsamer, schleppender Gärungen (extreme Kälte!) sowie einer Unterversorgung mit Hefenährstoffen (einschl. Sauerstoff)
→ Bedeutung realistischer Gärbedingungen.
- Nach Abschluss der Gärung erfolgt eine teilweise Resorption freien Acetaldehyds durch die Hefe, die nach ca. 10 Tagen beendet ist.

Während der Gärung werden die Weichen gestellt für die späteren Gehalte an gebundener und gesamter SO₂.

Einfluss der Belüftung gärender Moste auf Hefezellzahl und Endvergärungsgrad in Abhängigkeit von der Gärphase.

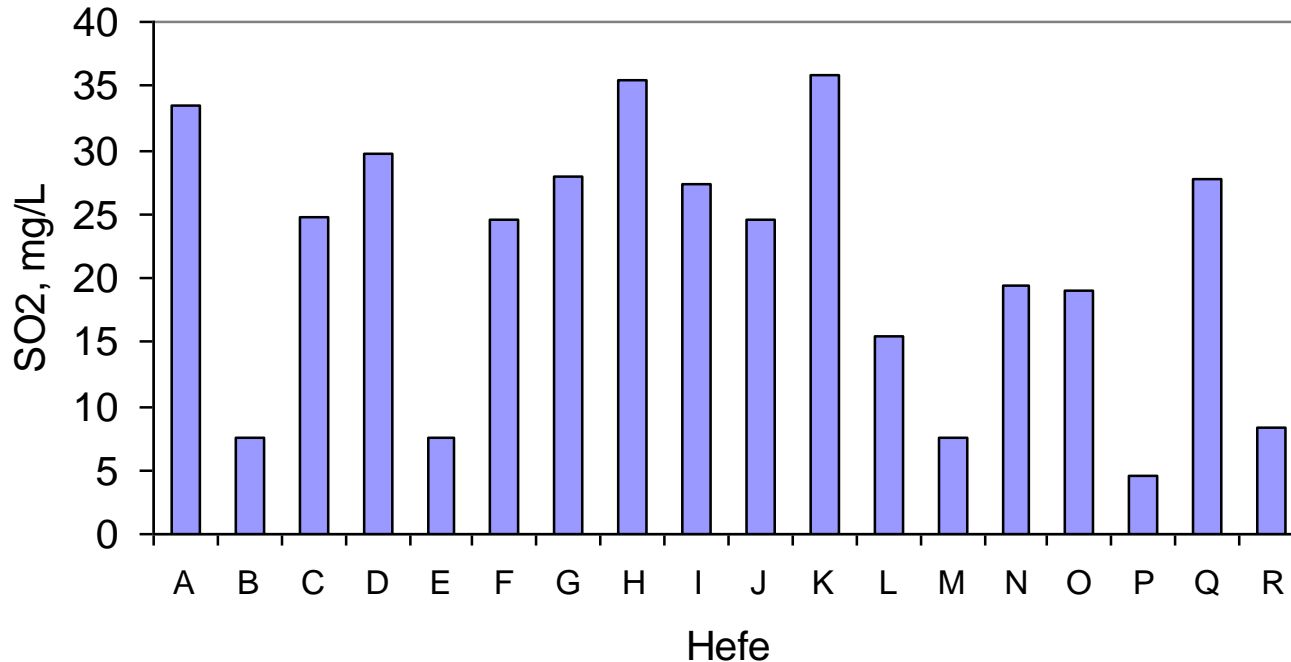
Mittelwerte aus zwei Hefen in zwei Mosten (n=4).



Zufuhr von Sauerstoff während der aktiven Gärung ist eine geeignete Maßnahme zur Optimierung der Gärkinetik und zur Verringerung SO₂-bindender Gärungsnebenprodukte. Der O₂ wird von der Hefe aufgenommen und führt nicht zur Oxidation des Weins.

Bildung von SO₂ während der Vergärung mit verschiedenen Hefen (20 g/hl).

Mittelwerte aus zwei Mosten.



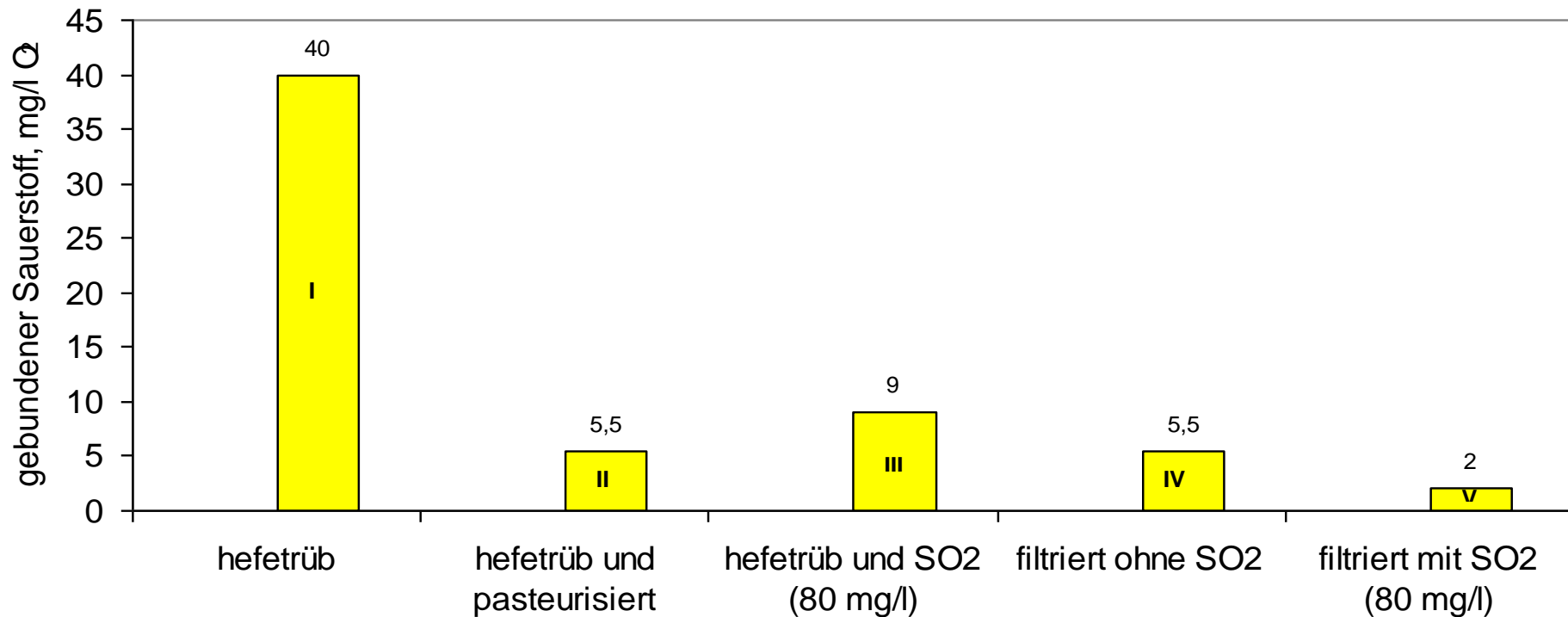
Nur wenige Hefestämme (Lalvin B, Varioferm, Simi White, Maurivin AWRI 350) sind in der Lage, Weine mit weniger als 10 mg/L Gesamt-SO₂ ("Weine ohne zugesetzte Sulfite") zu erzeugen.

Der Fall unfiltrierter Jungweine

- **Unfiltrierte Jungweine enthalten suspendierte Hefezellen in der Schwebel.**
- **Nach der Gärung kann die in Schwebel befindliche Hefe große Mengen an Sauerstoff zehren und die SO₂ als Reduktionsmittel ersetzen.**
- **Die in Schwebel befindlichen Hefezellen sind kein Schmutz.**
- **Die Qualität dieser Feinhefe (Prozent der Hefe am Gesamttrub) hängt von der Schärfe der Mostvorklärung ab. In Weißweinen aus gut vorgeklärten Mosten beträgt der Hefeanteil 99,9 % vom suspendierten Trub.**
- **Es empfiehlt sich eine scharfe Mostvorklärung bis auf ca. 50 NTU Resttrub. Dabei ist die erzielte Klärschärfe, gemessen als Resttrub (NTU), wichtiger als das Verfahren.**
- **Fragmente vom Zellgewebe, Erdpartikel usw., welche nach einer schlechten Mostvorklärung im Feintrub enthalten sind, sind der Qualität abträglich und erfordern eine frühzeitigere Klärung des Weins.**

Zehrung von Hefe in einem jungen Weißwein. Einfluss von Feinhefe, Pasteurisation, Filtration und SO₂.

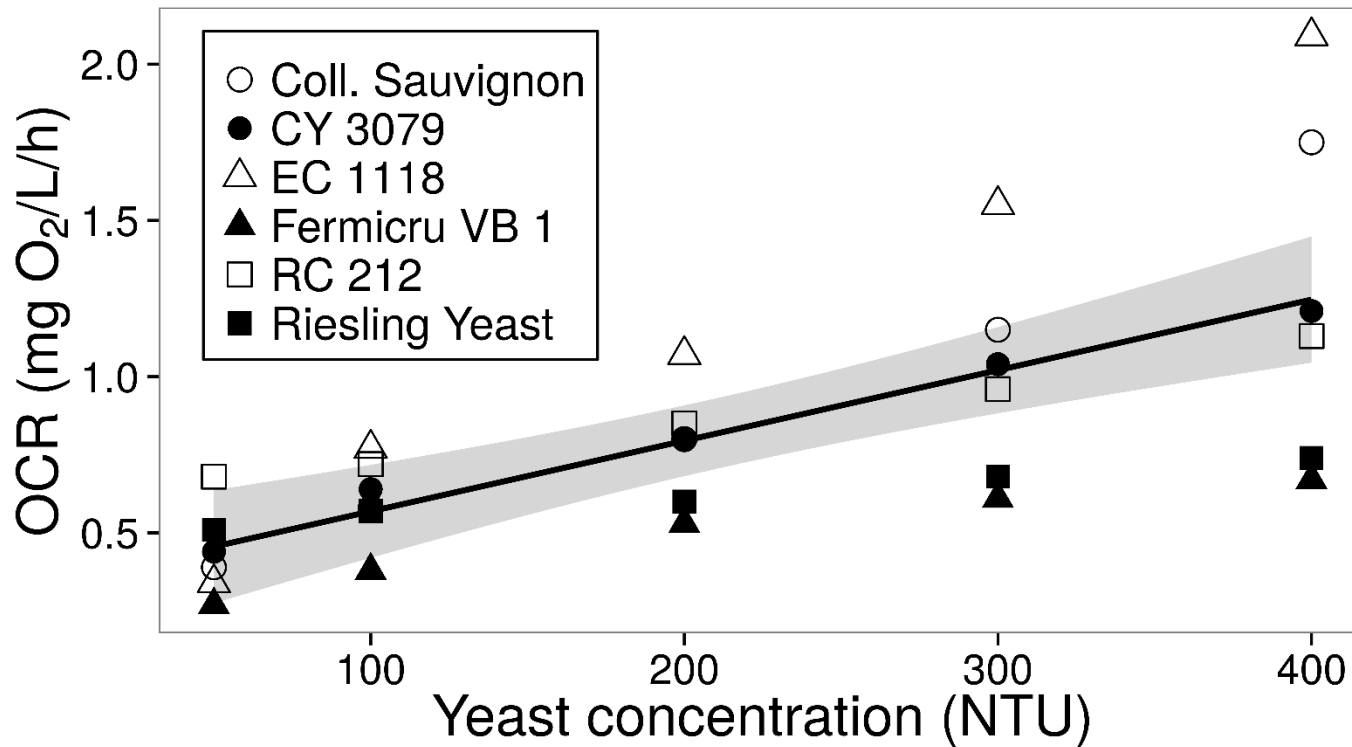
Versuch über 100 Stunden bei unbeschränktem Sauerstoffangebot.



Die Suspension befindliche Feinhefe ist in der Lage, große Mengen an Sauerstoff zu konsumieren, so lange sie nicht durch Filtration entfernt oder durch SO₂ bzw. Pasteurisation inaktiviert wird.

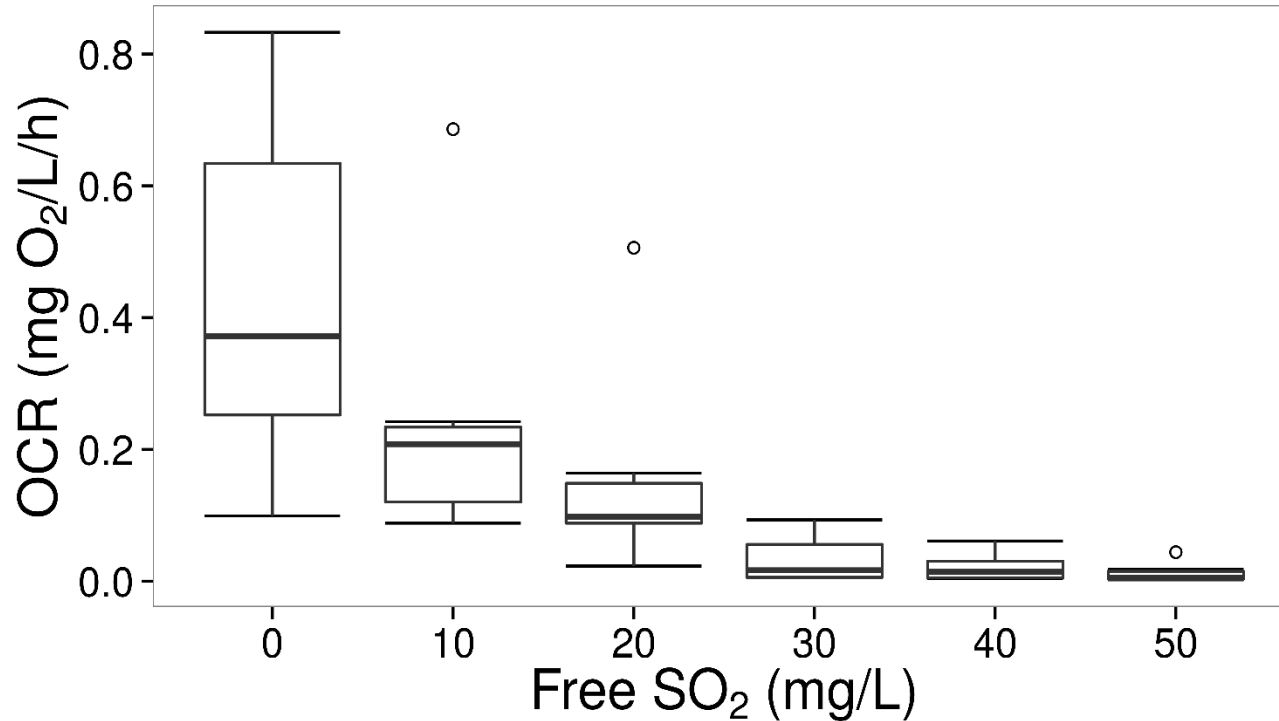
Diese Eigenschaft der Feinhefe spielt auch bei der Micro-Oxygenierung von Rotwein eine große Rolle.

Zehrung von Sauerstoff (mg O₂/L/h) durch Hefe in Abhängigkeit von der Hefezellzahl (Trübungsgrad, NTU) in Abwesenheit von SO₂



Die Sauerstoffzehrung durch postfermentative Hefe ist in erster Näherung von ihrer Konzentration (NTU) abhängig. Bereits eine leichte Hefetrübung (> 50 NTU), wie sie vor der Filtration vorliegt, kann stark reduktiv wirken.

Zehrung von Sauerstoff (mg O₂ /L/h) durch Hefe (200 NTU) in Abhängigkeit von der freien SO₂

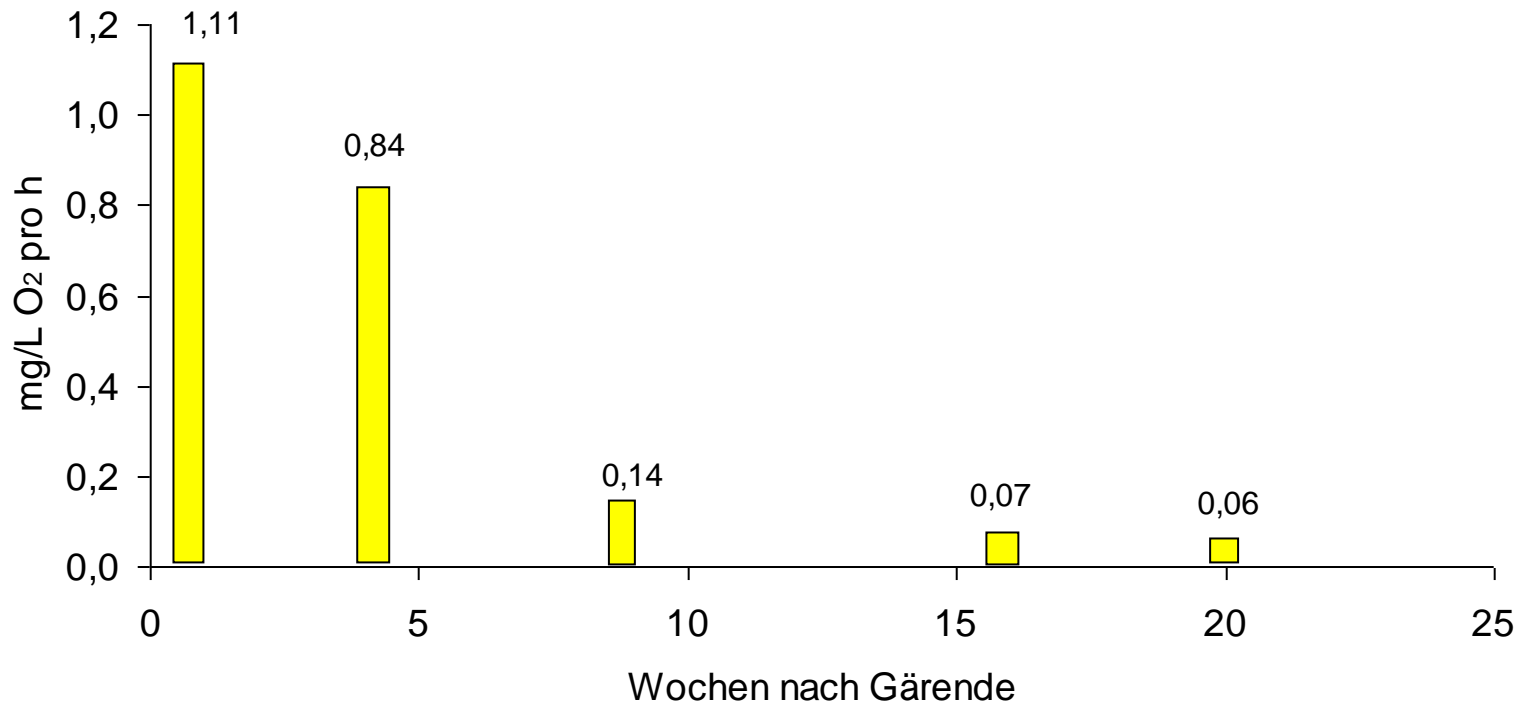


SO₂ inhibiert die Sauerstoffzehrung durch Feinhefe; bei mehr als 20 mg/l freie SO₂ wird sie praktisch bedeutungslos. → Feinhefe + SO₂ können nicht komplementär als Reduktionsmittel genutzt werden.

Aber: Feinhefe ist ein effizientes Reduktionsmittel beim Ausbau von Weinen ohne SO₂-Zusatz.

Sauerstoffzehrung (mg O₂/L/ h) von suspendierter Feinhefe (200 NTU) nach der Gärung in Abhängigkeit von der Lagerdauer

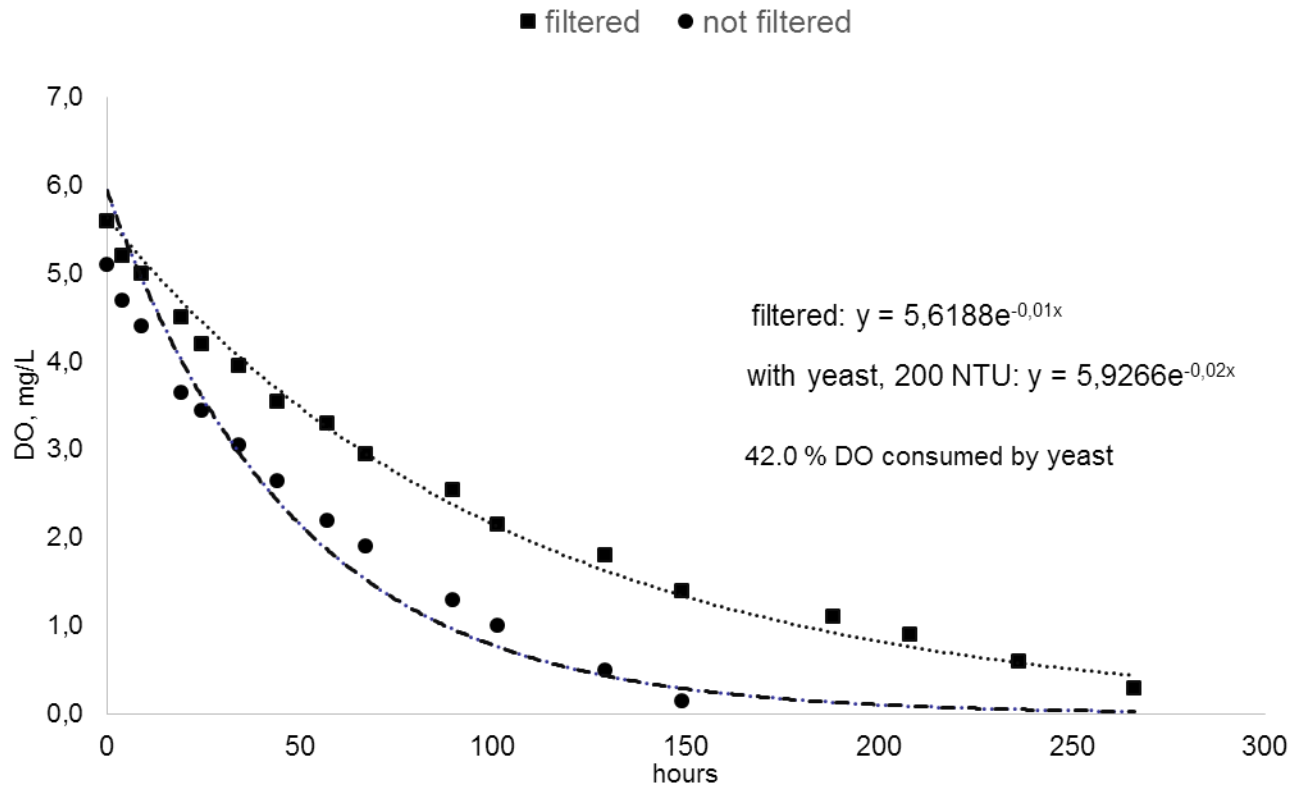
(Lalvin V 1116; 50 NTU; pH 3,3; 12 % Ethanol; keine SO₂)



Im ersten Monat nach der Gärung ist die O₂-Zehrung durch Hefe extrem stark. Danach kann sie, muss aber nicht abnehmen.

Filtration hebt den Oxidationsschutz durch Hefe auf.

Zehrung von Sauerstoff in Weißwein (43 mg/l fr. SO₂) mit suspendierter Feinhefe (Fermicru VB 1, 200 NTU) und nach Filtration, 8 Wochen nach Gärung.



**In hefehaltigen Weinen wird gelöster Sauerstoff schneller abgebaut, weil die Hefezellen einen Teil davon zehren.
Dieser Anteil ist umso größer, je aktiver die O₂-Umsatzrate der Hefe ist.
Die O₂-Umsatzrate der Hefe ist abhängig von ihrer Menge, ihrem Alter, Gehalt an freier SO₂ usw.**

Ursache der Sauerstoffzehrung durch Hefe

- In den ersten Tagen nach Ende der Gärung verbraucht die Hefe den Sauerstoff über den Atmungsstoffwechsel.
- Danach wird der Sauerstoff zur Oxidation von Lipiden verwendet.
- Der oxidative Fettsäureabbau erfolgt in den Peroxisomen der Hefezellen unter Verbrauch von molekularem O_2 , wobei H_2O_2 entsteht.
- Das entstandene H_2O_2 wird innerhalb der Peroxisomen durch Katalase und Peroxidase entsorgt, so dass es nicht in den Wein gelangt.
- Nach der Gärung ist die Hefe nicht tot, sondern enthält noch lange aktive Enzymsysteme. Der Begriff des Hefetodes bedarf einer neuen Definition.

In die Kanalisation abgelassene Hefe erhöht den BSB-Wert des Abwassers drastisch !

Die Frage nach dem Abstich

- Eine scharfe Mostvorklärung (< 50 NTU) entfernt Schmutz : Fragmente aus Zellgewebe, Rückstände von Fungiziden, Erdreste, Schwermetalle, Vorläufer von Gerbstoffen, Vorläufer von Böcksern, Vorläufer von UTA....
- Nach scharfer Mostvorklärung bilden die Jungweine nur ein geringes Hefegeläger, welches praktisch nur aus Hefezellen besteht.
- Hefezellen sind kein Schmutz !
- In sauberen Weinen aus sauberen Mosten verliert der Abzug seine Bedeutung. Ausnahme: Starke Böckser.

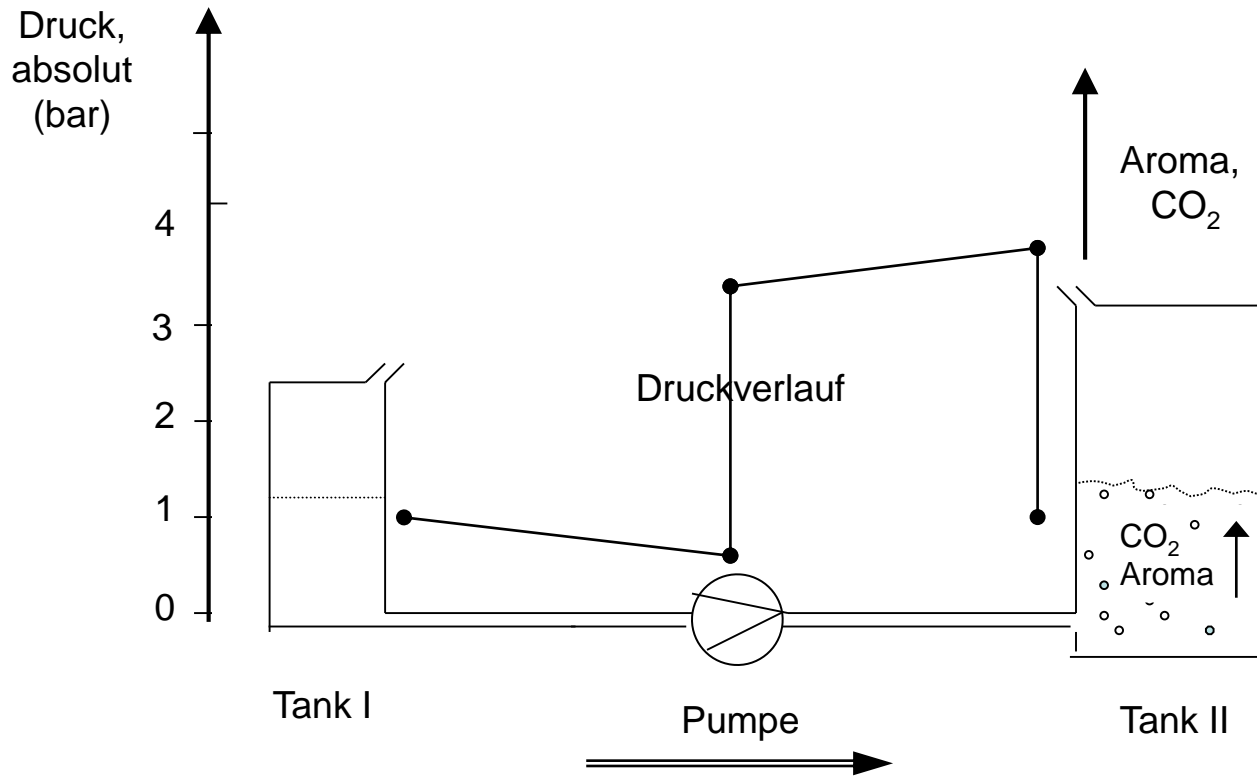
Unnötiger Abstich (Pumpen → Aromaverluste durch Verdunstung und Oxidation) widerspricht dem Prinzip schonender Weinbehandlung !

Selbstklärung vs. Zwangsklärung

- **Der Trub junger Weißweine besteht zu > 99 % aus Hefezellen – nicht Schmutz.**
- **Die positiven Eigenschaften der postfermentativen Hefe werden in der Sektbereitung gezielt genutzt.**
- **Unnötig frühe Filtration mikrobiologisch stabiler Weine ist der Qualität kontraproduktiv.**
- **Selbstklärung erleichtert die Filtration → weniger Aromaverluste durch Oxidation, Verdunstung und Adsorption.**
- **Ab der Filtration entfällt die Feinhefe als Reduktionsmittel; die Weine sprechen stärker auf Sauerstoff an. Freie SO₂ gewinnt an Bedeutung als Reduktionsmittel.**

Unnötig frühe Filtration mikrobiologisch stabiler Weine widerspricht dem Prinzip schonender Weinbehandlung !

Druckverlauf beim Umlagern durch Pumpen Entspannung und CO₂-Verluste



Der prozessbedingte Verlust an CO₂ korreliert mit Aromaverlusten durch Verdunstung und Oxidation.

Schonende Weinbehandlung → Erhalt von Gärungskohlensäure und Aroma.

Der Fall filtrierter bzw. abgefüllter Weine

Ziel:

Optimierung der sensorischen Stabilität und Vermeidung frühzeitiger Oxidation (oxidative Alterung, Luftton durch freien Acetaldehyd).

Herausforderungen:

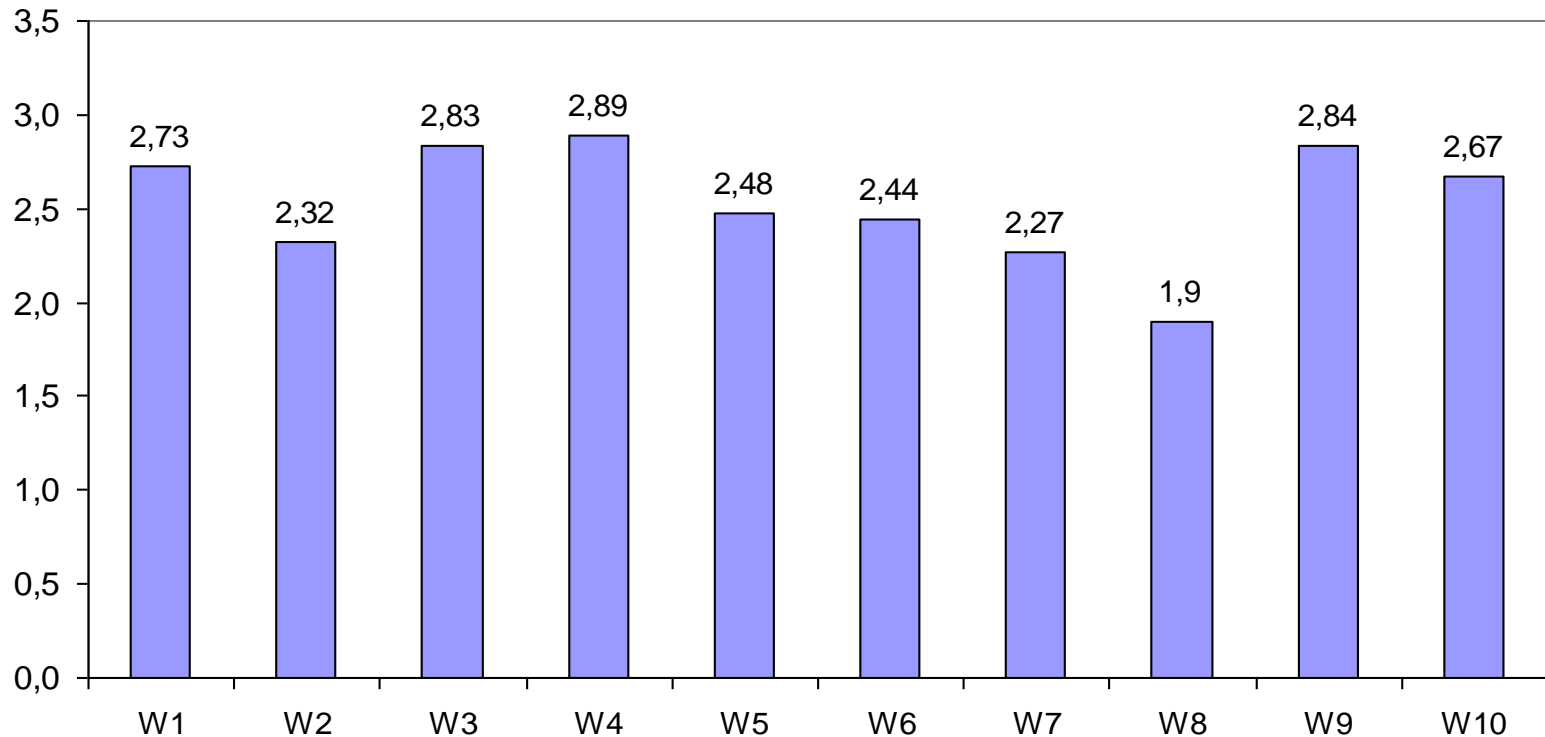
Die Aufnahme von Sauerstoff durch den Wein führt zu einer Minderung der SO₂ durch ihre Oxidation zu Sulfat.

- Freie und gesamte SO₂ werden gleichzeitig gemindert.
- Problem der Stabilität der freien SO₂
- Einstellung der freien SO₂ muss den zu erwartenden Verlusten Rechnung tragen..
- Die Sauerstoffaufnahme muss quantifiziert und kontrolliert werden.

Vorgehen:

In der letzten Phase vor dem Abfüllen ist die Sauerstoffaufnahme zu unterbinden und der Gehalt an freier SO₂ durch mehrfache Kontrollen einzustellen.

Verlust von SO₂ pro 1 mg O₂ bei der Umsetzung von 10 mg/L O₂ in 50 Tagen bei zehn verschiedenen Weißweinen (stöchiometrisch maximaler Wert = 4 mg SO₂ pro 1 mg O₂)



Nach den Regeln der Stöchiometrie führt 1 mg/L O₂ zur Oxidation von 4mg/L SO₂. In realen Weißweinen beträgt dieser Verlust jedoch nur durchschnittlich 2,54 mg/L SO₂. Der restliche Sauerstoff - 37 % - reagiert irreversibel mit anderen Weininhaltsstoffen.

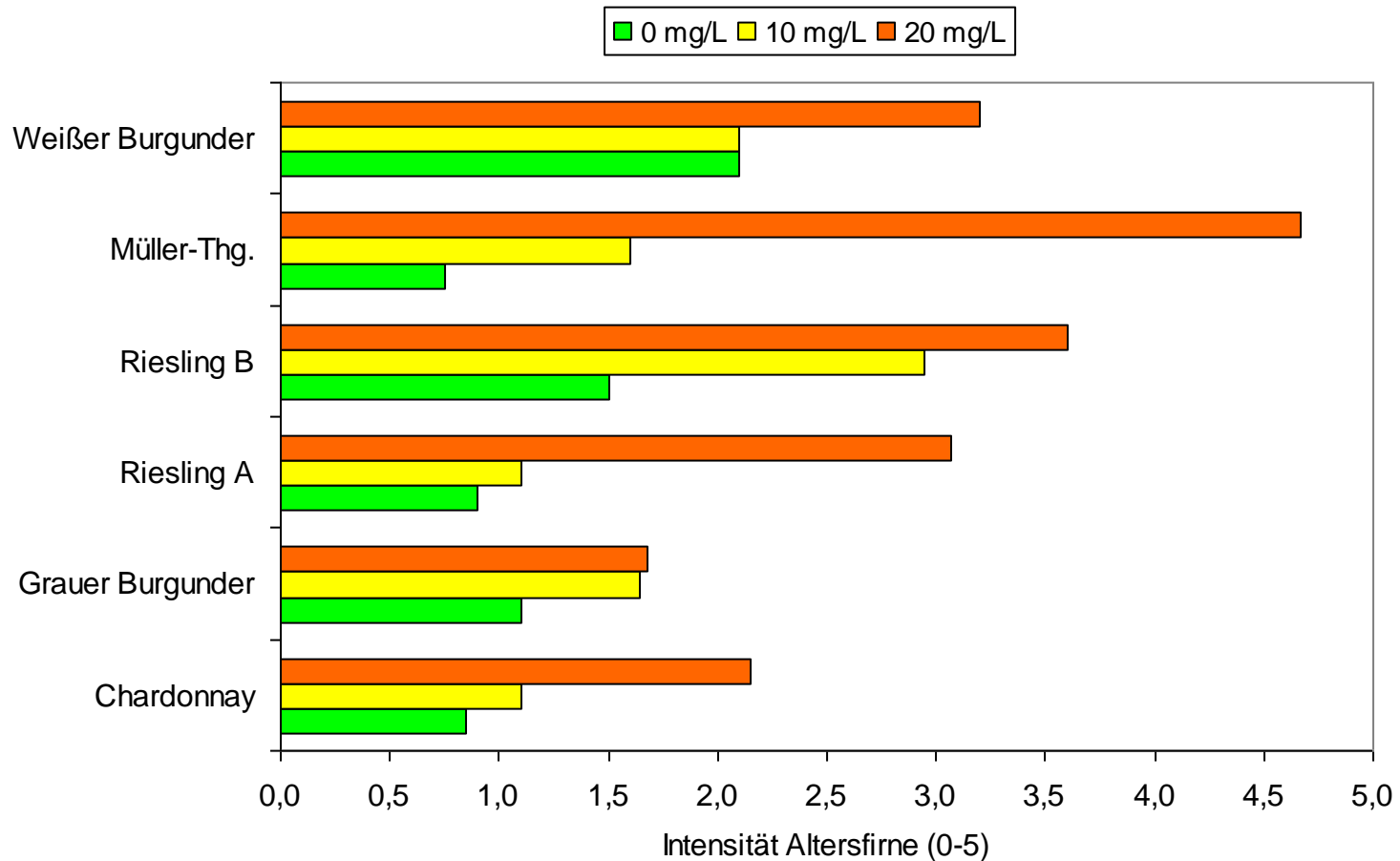
In Rotweinen ist der Anteil des Sauerstoffs, der nicht mit SO₂ reagiert, noch zu spezifizieren..

Ursachen und Folgen von Verlusten freier SO₂

Ursache	Folgen
Oxidation	<ul style="list-style-type: none">• Der Wein nimmt Sauerstoff auf, der freie SO₂ (Sulfit) zu SO₄ (Sulfat) oxidiert.• Sulfat wird <u>nicht</u> als SO₂ erfasst.• Oxidierte SO₂ scheidet aus der SO₂-Bilanz aus und erscheint keineswegs als gebundene SO₂ (chemischen Entschwefelung).• Freie <u>und</u> gesamte SO₂ werden weniger, da freie SO₂ ein Bestandteil der gesamten SO₂ ist.• Wird oxidierte SO₂ durch Nachschwefeln ergänzt, wird die ursprünglich vorhandene Gesamt-SO₂ wieder erreicht, aber nicht überschritten.
Bindung	<ul style="list-style-type: none">• Es werden SO₂-Bindungspartner gebildet, z. B. durch Nachgärung.• Ein Teil der freien SO₂ verschwindet durch Bindung; die gebundene SO₂ erhöht sich entsprechend bei zunächst gleichbleibender Gesamt-SO₂.• Erst wenn freie SO₂ durch Nachschwefeln auf das ursprüngliche Niveau ergänzt wird, erhöht sich auch die Gesamt-SO₂.• Probleme mit erhöhter Gesamt-SO₂ oder gebundener SO₂ können nicht durch Entschwefelung gelöst werden, da dabei die SO₂-Bindungspartner nicht entfernt werden.• Wird nach einer Entschwefelung nachgeschwefelt zur Herstellung freier SO₂, wird die ursprüngliche Gesamt-SO₂ wieder erreicht.

Zunahme von Altersfirne (0-5) durch steigende Mengen von Sauerstoff zu abgefüllten Weißweinen.

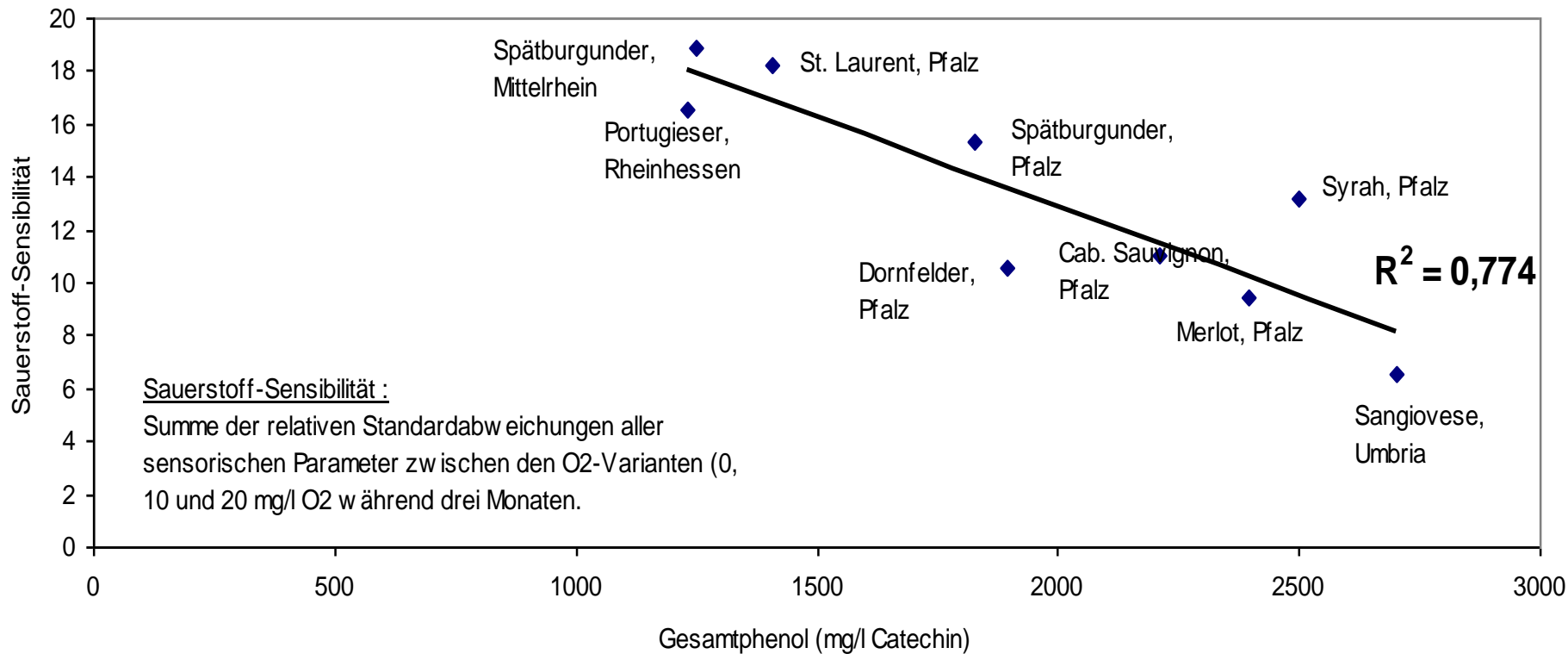
Sensorische Auswertung zwei Monate nach O₂-Gabe über Kopfraum; Schraubverschluss; n = 9 Prüfer.



Die nach der Filtration aufgenommenen Mengen an Sauerstoff können bereits ab einer Menge von 5 mg/L zu einer signifikanten Intensivierung von Altersfirne (vs. Minderung der Fruchtaromatik) führen.

Einfluss der Sauerstoffaufnahme (10 und 20 mg/L O₂) auf die Reifung von Rotweinen (30-40 mg/L freie SO₂) in Abhängigkeit vom Gesamtphenolgehalt.

Reifung gemessen als „Sauerstoff-Sensibilität“ = Summe der Standardabweichungen aller sensorischen Parameter für O₂-Gaben von 20 und 0 mg/L im Vergleich mit dem unbehandelten (0 mg/L O₂) Wein. Auswertung drei Monate nach Oxygenierung.



Je höher der Gesamtphenolgehalt (= Tannin + Anthocyan), desto weniger spricht Rotwein auf eine bestimmte Menge Sauerstoff sensorisch an und desto mehr Sauerstoff benötigt er zu seiner Reifung.

Durchschnittliche O₂-Aufnahme bei kellertechnischen Behandlungen im Klein- und Mittelbetrieb

Vorgang	O ₂ , mg/L
Umlagerung, Einlauf unten	0,5 – 1,0
Umlagerung mit gelockerter Saugleitung	5 - 8
Umlagerung, Einlauf oben, über Auslaufbogen	3 - 4
Umlagerung, Einlauf oben, ober Reißrohr	7 - 8
Zentrifugation	3 - 4
Kieselgurfiltration	2 - 4
Cross-Flow-Filtration, offener Vorlaufbehälter	3 - 5
Rühren	1 - 4
Transport in teilbefüllten Tanks	5 - 8
Abfüllung	1-2
Lagerung im Holzfass, pro Jahr	10
Lagerung im Barrique, pro Jahr	20-30

**Je größer die Gebindeeinheiten, desto geringer ist der Sauerstoffeintrag in mg/L
→ Problem der Behandlung kleiner Gebinde.**

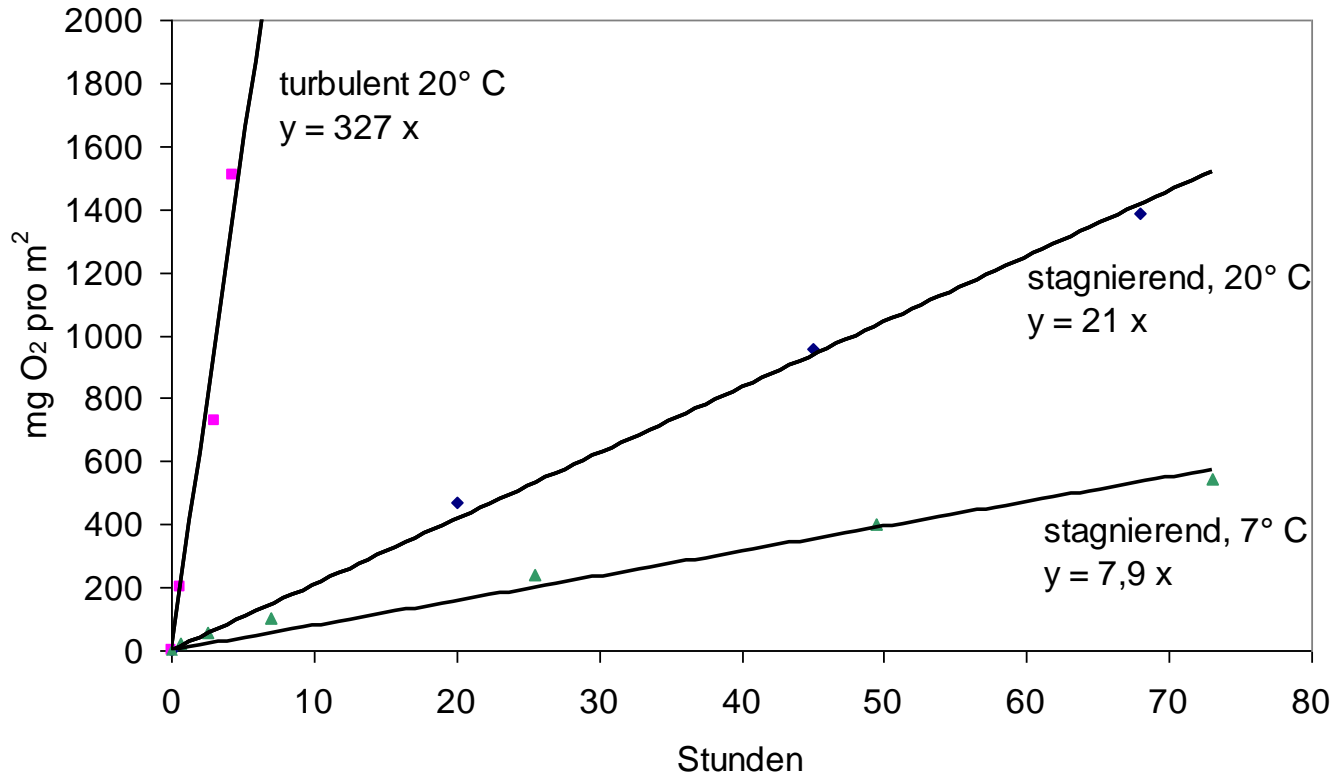
Abhängigkeit der Löslichkeit des Sauerstoffs von der Temperatur, bei Normaldruck

Temperatur	Löslichkeit, mg/L O ₂
0° C	14,5
10° C	11,1
20° C	8,9
30° C	7,2

In der Kälte nimmt die Löslichkeit des Sauerstoffs zu.

Aufnahme atmosphärischen Sauerstoffs über die statische bzw. turbulente Oberfläche bei Normaldruck und verschiedenen Temperaturen

(13 % Ethanol, pH 3,5; 200 mg/L Ascorbinsäure)



Der Wein nimmt Sauerstoff auf, sobald er mit Luft in Kontakt kommt. Gegenüber einer ruhenden Oberfläche ist die Sauerstoffaufnahme über eine turbulente Oberfläche um ein Vielfaches höher.

Zusammenfassung:
Koeffizienten des Sauerstofftransfers über die Weinoberfläche,
in mg / m² · Tag

~ : abhängig von der Intensität der Turbulenz

	20° C	7° C
statische Oberfläche	21	7,9
turbulente Oberfläche	~ 327	~ 950

Unter den Bedingungen einer statischen Oberfläche wird die Aufnahme von Sauerstoff in der Kälte gemindert, weil die Diffusion innerhalb der Flüssigkeit verlangsamt ist und es zu einer Sättigung von O₂ in der obersten Flüssigkeitsschicht kommt. Dadurch wird der Effekt der besseren Löslichkeit zunichte gemacht.

Eine Turbulenz beschleunigt die Aufnahme von Sauerstoff durch seine schnellere Verteilung innerhalb der Flüssigkeit.

Aktive und passive Oxygenierung von Rotwein. Praktische Beobachtungen.

- **Für Rotweine mit geringem Tannin- und Anthocyangehalt können die bei den üblichen Behandlungen nach der Gärung im Keller passiv aufgenommenen Sauerstoffmengen zur Entfaltung der geschmacklichen und aromatischen Qualität genügen.**
- **Die Menge des passiv aufgenommenen Sauerstoffs ist extrem variabel in Abhängigkeit von Weinvolumen, Weinoberfläche, Temperatur, Porosität des Holzes.**
- **Der Sauerstoffbedarf der Rotweine nimmt mit ihrem Gehalt an Tanninen und Anthocyanen zu. In diesem Fall kann die Micro-Oxygenierung zu einer nützlichen Technik werden.**

Rotweine zeigen große Unterschiede im Sauerstoffbedarf.

Sauerstoff zu Rotwein kann, richtig dosiert, die Fruchtaromatik verstärken.

Bei fruchtigen Weißweinen ist jede Sauerstoffaufnahme nach der Filtration der Qualität abträglich.

Aufnahme und Bindung des Sauerstoffs im Wein:

Oder: Was passiert mit dem Sauerstoff im Wein ?

2 Phasen :

1. Lösung atmosphärischen Sauerstoffs im Wein:

Keine sensorischen Konsequenzen; der als Gas gelöste Sauerstoff kann analytisch erfasst werden.

2. Bindung des gelösten Sauerstoffs an Weininhaltsstoffe:

Der gebundene Sauerstoff ist verschwunden und entzieht sich der Messung; sensorische Konsequenzen stellen sich ein.

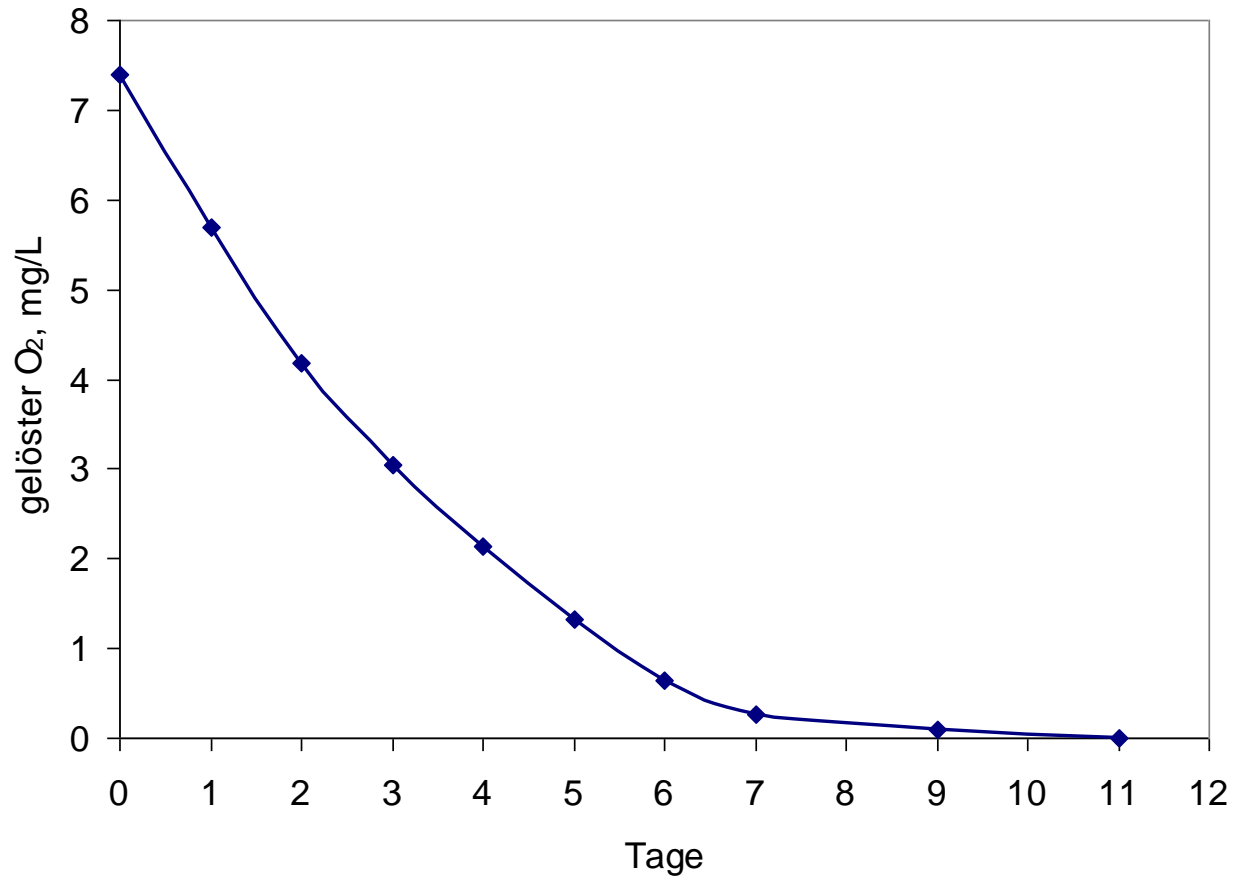
2 Reaktionsmodelle :

- Die Lösung des Sauerstoffs im Wein ist schneller als seine Bindung
→ Zunahme des gelösten Sauerstoffs.
- Die Lösung des Sauerstoffs ist langsamer als seine Bindung
→ kein gelöster Sauerstoff messbar.

Der analytisch gemessene Gehalt an gelöstem Sauerstoff entspricht dem momentanen Nettowert zwischen Lösung und Bindung.

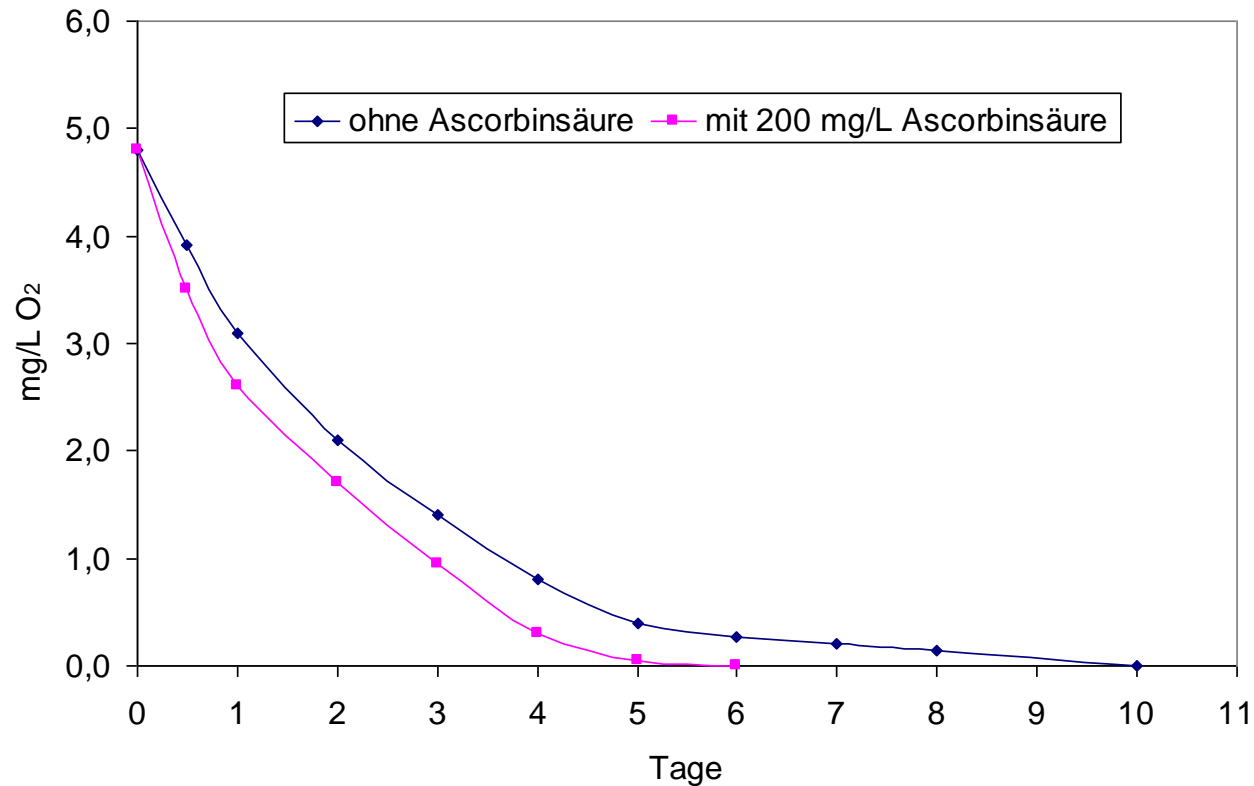
Bindung des gelösten Sauerstoffs in einem filtrierten und hermetisch verschlossenen Rotwein.

Gesamtphenol = 2300 mg/L; T = 20° C.



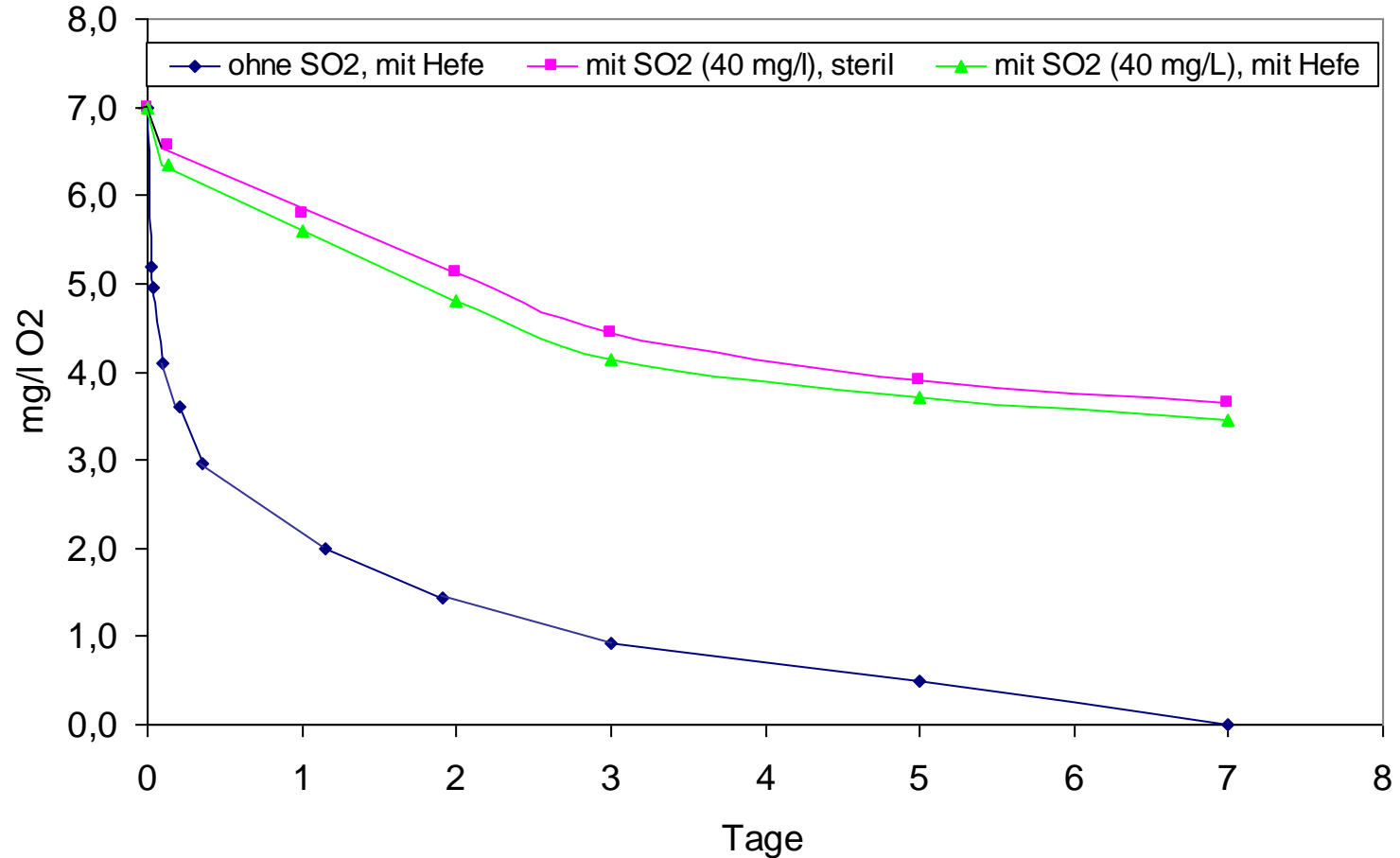
Der überwiegende Teil des gelösten Sauerstoffs verschwindet innerhalb einer Woche durch Bindung.

Einfluss von Ascorbinsäure auf die Bindung gelösten Sauerstoffs in Weißwein



In Anwesenheit von Ascorbinsäure wird die Umsetzung gelösten Sauerstoffs beschleunigt, sie ist aber keineswegs spontan.

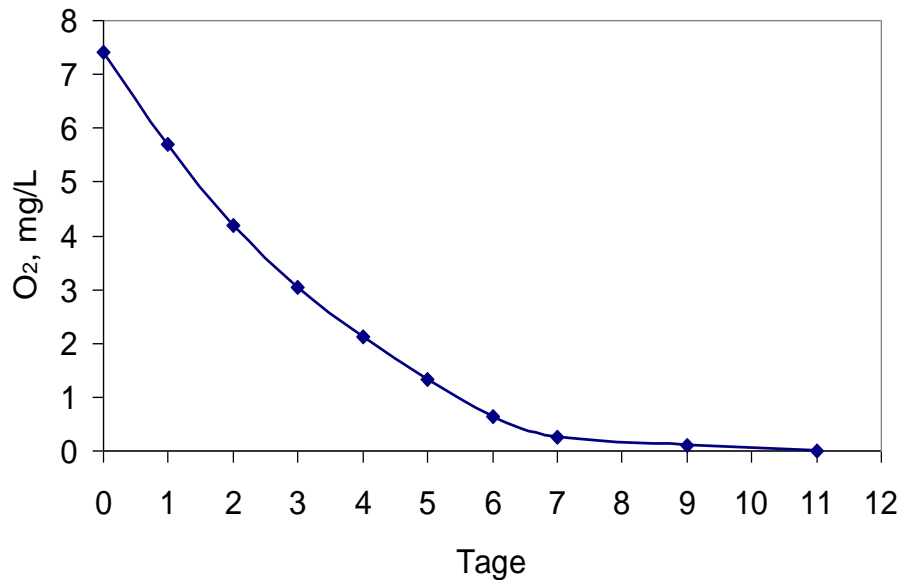
Einfluss von Feinhefe auf den Abbau gelösten Sauerstoffs in Weißwein



Im hefetrüben Jungwein wird ein großer Teil des Sauerstoffs durch die Feinhefe gezehrt, so dass er schneller verschwindet und zur Oxidation von Weininhaltsstoffen nicht mehr zur Verfügung steht. Die oxidative Alterung ist verlangsamt.

Problematik der SO₂-Stabilisierung vor dem Abfüllen

Abbau des gelösten O₂ in einem typischen Weißwein :



- Vor der Abfüllung werden die Weine be- /misshandelt und nehmen dabei Sauerstoff auf (Oberfläche, Filter, Leitungen).
- Dieser Sauerstoff geht zu Lasten der SO₂, wobei 1 mg O₂ zur Oxidation von ca. 2,5 mg/L SO₂ führt.
- Die Kenntnis der freien SO₂ ist nur so viel wert, wie man auch den momentanen Gehalt an gelöstem Sauerstoff kennt.
- Der überwiegende Anteil des im Wein gelösten Sauerstoffs ist in ca. 1 Woche abreagiert.
- Füllweine sollten daher ca. 1 Woche unter Luftabschluss liegen, bevor die SO₂ eingestellt wird, ggf. durch mehrmaliges Kontrollieren.

Die Kenntnis der freien SO₂ ist nur so viel wert, wie man auch gleichzeitig den momentan vorliegenden Gehalt an gelöstem Sauerstoff kennt.

Der Sauerstoff in der Flasche. Der Begriff des "total package oxygen"

Nach der Abfüllung unterliegt der Wein dem Einfluss von Sauerstoff, der aus 4 Quellen resultiert.:

- Sauerstoff, der durch den Kork diffundiert (im Allgemeinen hohe Diffusion für synthetische Korken, sehr variable Diffusion für Naturkorken, und gleichmäßig geringe Diffusion für Schrauber).
- Sauerstoff, der im Gewebe des Korks enthalten ist.
- Sauerstoff, der im Kopfraum der Flasche enthalten ist.
- Sauerstoff, der bei der Abfüllung bereits gelöst ist oder wird.



Σ = total package oxygen (TPO), in mg

. = Gesamtmenge des in der Flasche enthaltenen O_2 , in mg

Aus dem TPO ergibt sich die Abnahme der SO_2 in der Flasche. Wenn die freie SO_2 vollständig durch Oxidation verschwunden ist, tritt i. A. ein Luftton (freier Acetaldehyd) auf.

Berechnung der Gesamtmenge an Sauerstoff (TPO) in Flaschen unterschiedlicher Größe bei gleichem Kopfraum (15 mL) mit Luft und 3 mg/L O₂ im Wein gelöst.

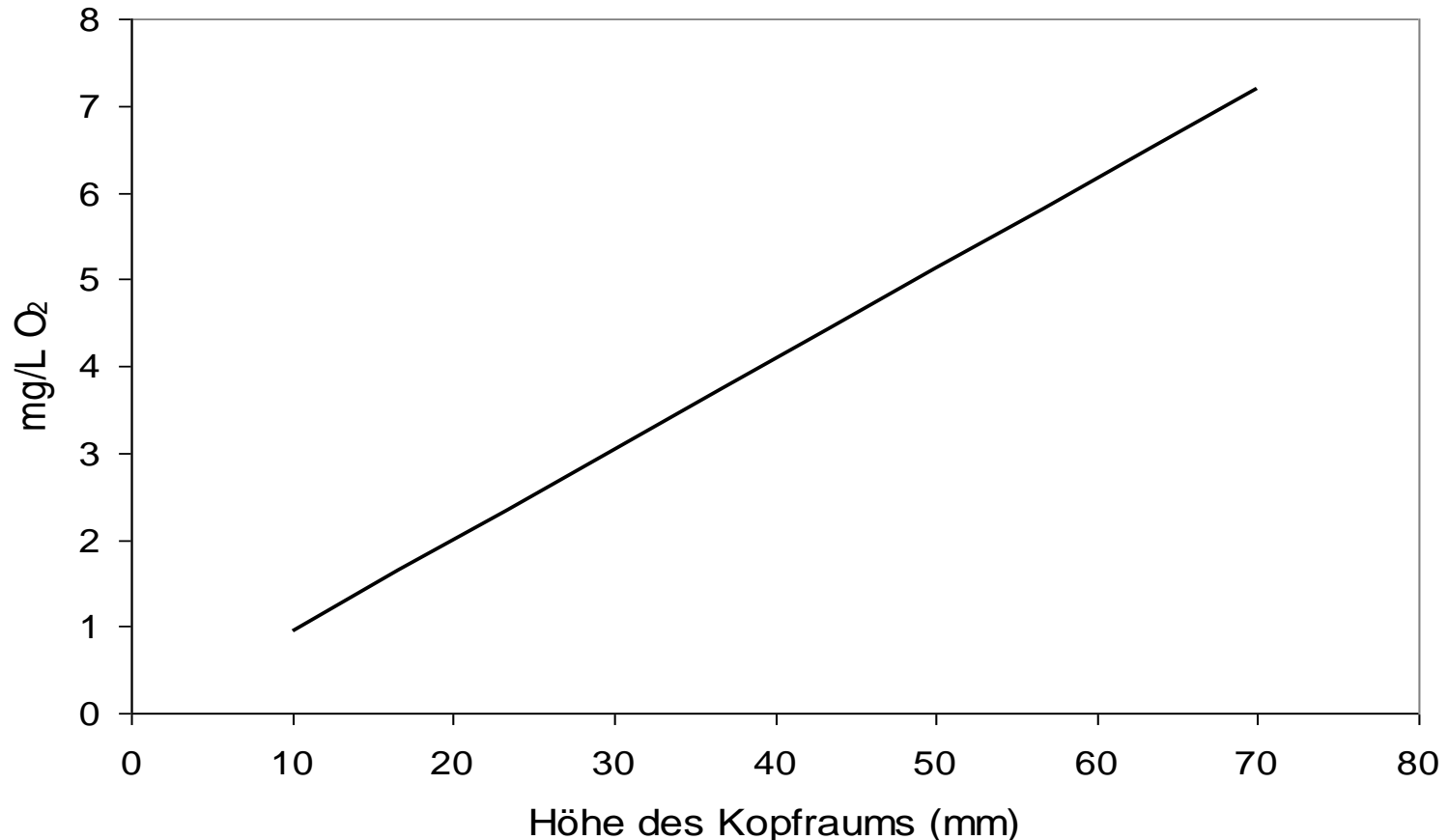
Kalkulationsbasis des im Kopfraum enthaltenen Sauerstoffs::

1 mL Luft = 0,208 mL O₂; 1 mL O₂ = 1,4 mg O₂

Nennvolumen der Flasche (mL)	375	750	1000	1500
Sauerstoff (mg O ₂) im Kopfraum bei 15 mL Kopfraum	4,37	4,37	4,37	4,37
+ Menge des im Weinvolumen gelösten Sauerstoffs bei 3 mg/L O ₂ .	1,13	2,25	3,00	4,50
= Gesamtmenge (mg O ₂) an Sauerstoff in der Flasche (TPO)	5,50	6,62	7,37	8,87
Gesamtmenge an Sauerstoff umgerechnet auf mg / L Wein	14,67	8,83	7,37	4,91

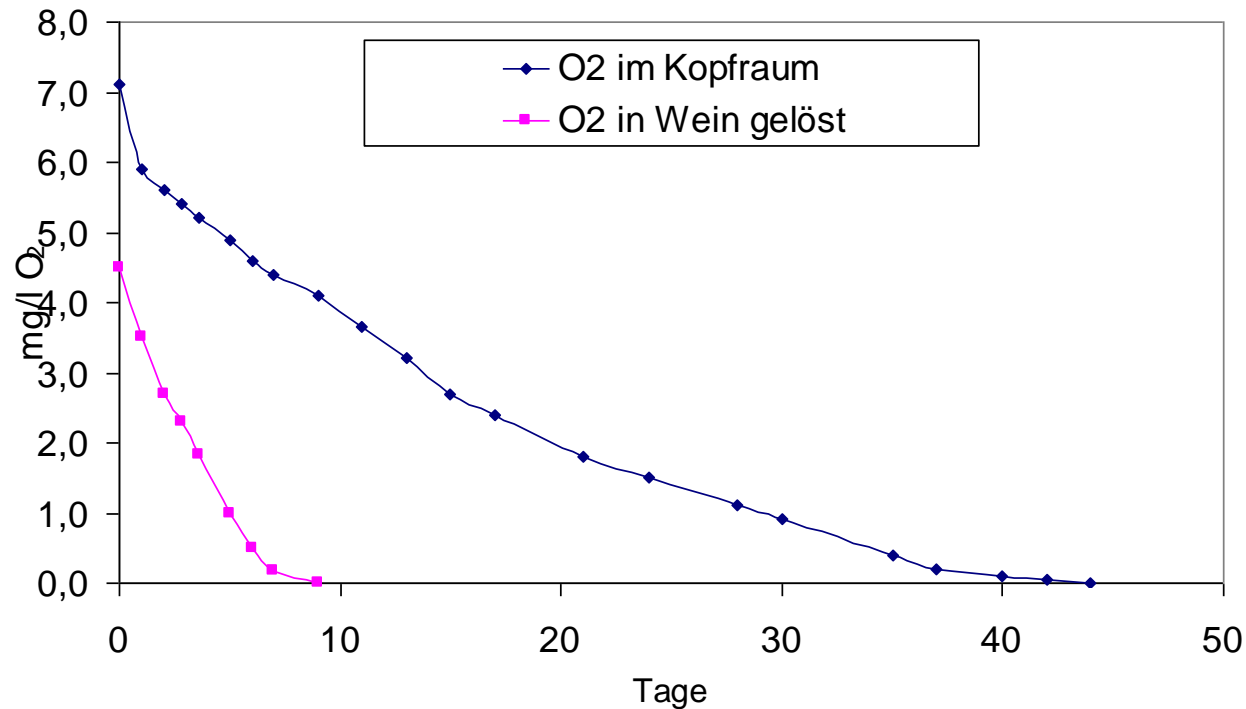
Je kleiner die Flasche, desto größer ist der Einfluss des Kopfraums auf den Wein.

Aufnahme von Sauerstoff (mg/L O₂) aus dem mit Luft befüllten Kopfraum einer Flasche von 0,75 L in Abhängigkeit von der Höhe des Kopfraums.



Ohne Vakuum- oder Inertgasbehandlung des Kopfraums entspricht 1 mL Kopfraum 0,3 mg O₂. Die aus dem mit Luft gefüllten Kopfraum resultierende Sauerstoffaufnahme ist unter Schraubverschlüssen größer (größerer Kopfraum) als unter Korken.

Abbau des Sauerstoffs eines handelsüblichen Weißweins nach der Abfüllung mit Schraubverschluss, differenziert nach Sauerstoff im Kopfraum und im Wein gelösten Sauerstoff.

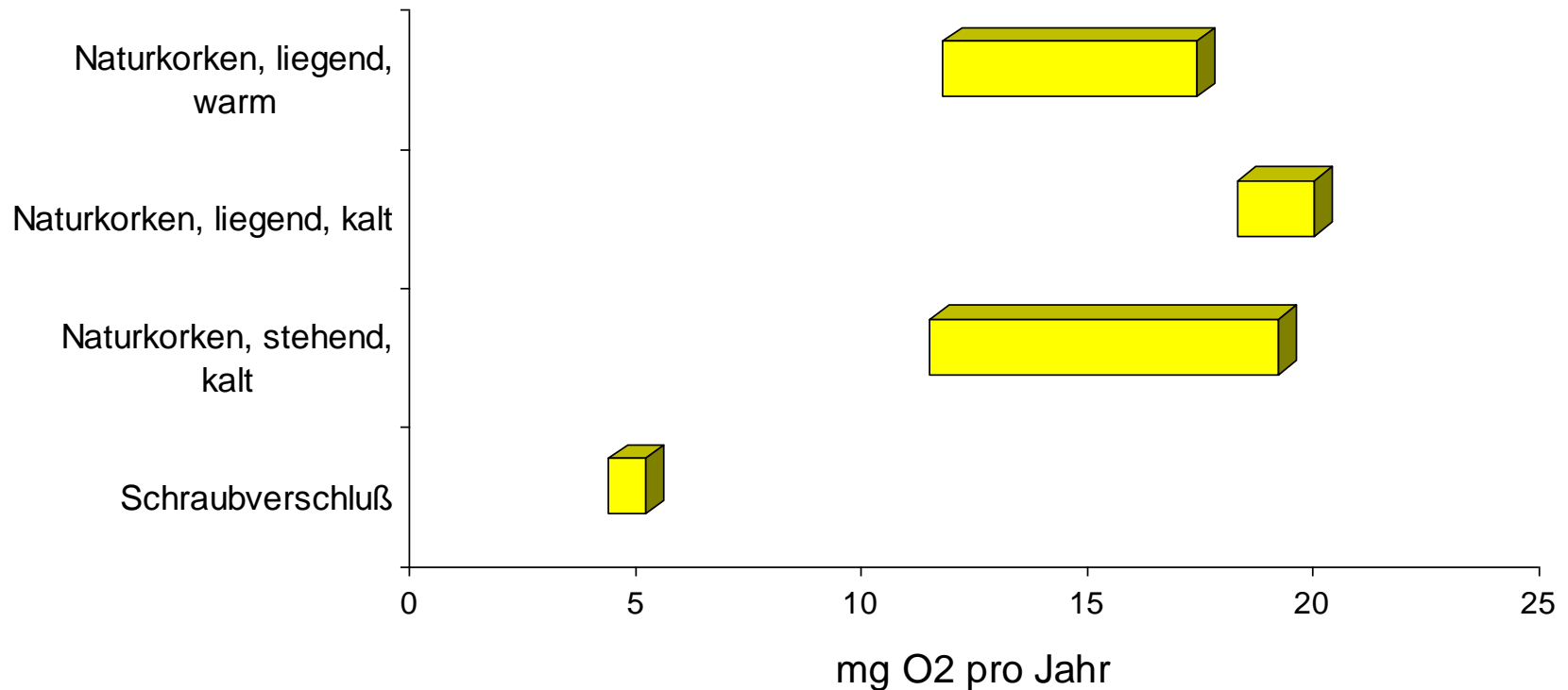


Der im Kopfraum befindliche Sauerstoff benötigt 1-2 Monate, bis er vollständig in den Wein diffundiert ist und sich abreagiert hat. Danach ist die SO₂ stabil.

Gerät zur nicht-invasiven Messung des gasförmigen (im Kopfraum) und gelösten (im Wein) Sauerstoffs mittels Lumineszenz-Technik.

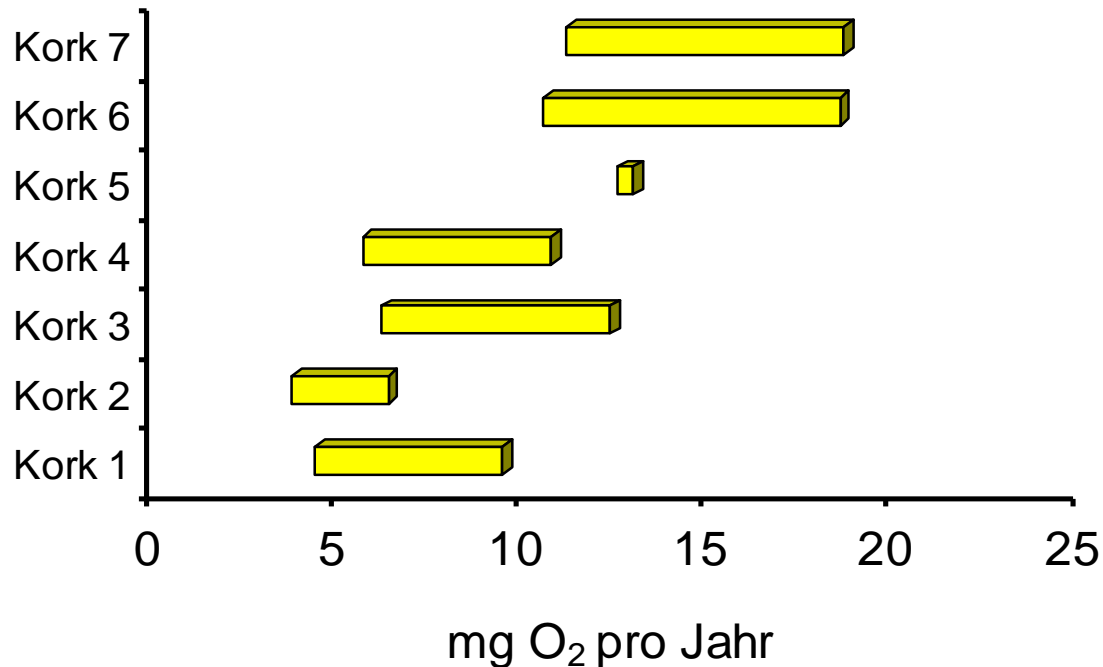


Sauerstoffaufnahme (mg O₂ / Jahr) durch verschiedene Flaschenverschlüsse in Abhängigkeit von der Lagerart.



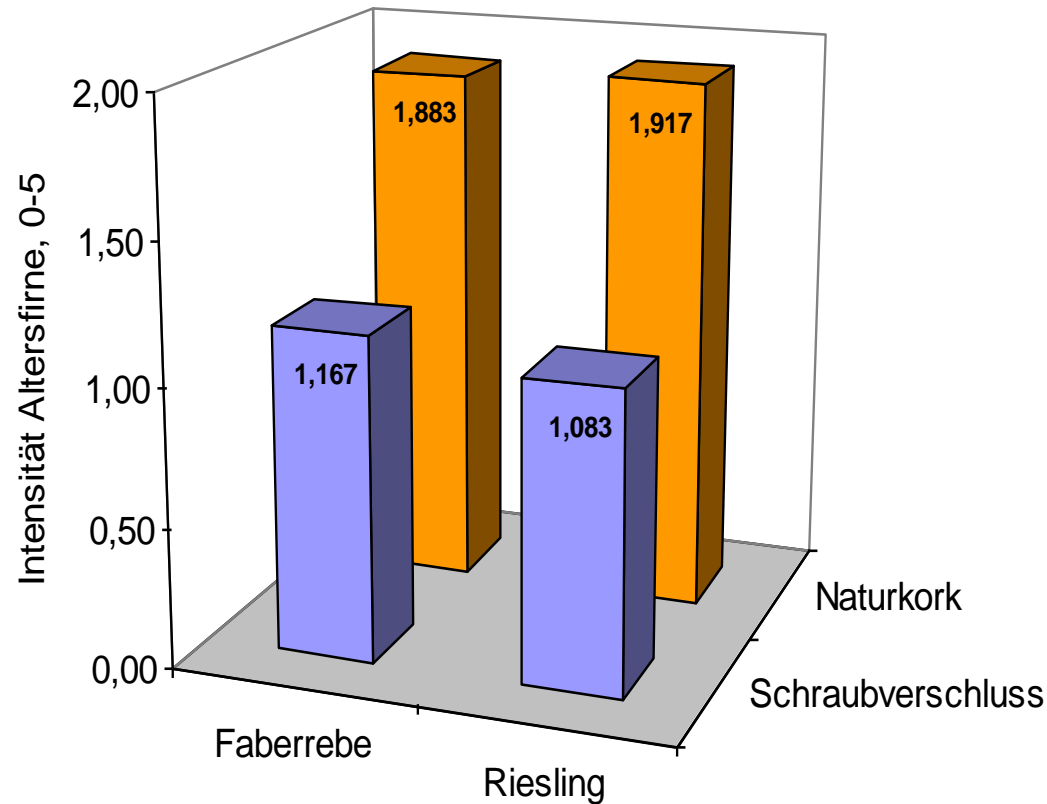
Im Gegensatz zu natürlichen und synthetischen Korken weisen Schraubverschlüsse eine geringe und reproduzierbare Barrierewirkung gegenüber Sauerstoff auf (Zinn-Saran-Einlage = 0,1 mg/L · Jahr).

**Sauerstoffzufuhr (mg O₂ / Jahr) durch Naturkorken verschiedener Chargen bei stehender Lagerung und 10-15° C.
Schwankungsbreite von 3 Einzelstücken pro Charge.**



Naturkorken können dem Wein große Mengen an Sauerstoff zuführen. Die Mengen sind äußerst variabel zwischen den Korkchargen (-qualitäten) einerseits und den Einzelstücken innerhalb einer Charge andererseits.

Einfluss von Flaschenverschlüssen unterschiedlicher Dichtigkeit auf die Altersfirne von zwei Weißweinen nach 10 Monaten Flaschenlager.



Schrauber mindern die oxidative Alterung durch sehr guten Sauerstoffabschluss in Abhängigkeit von ihrer Dichtscheibe, charakterisiert durch ihre OTR:

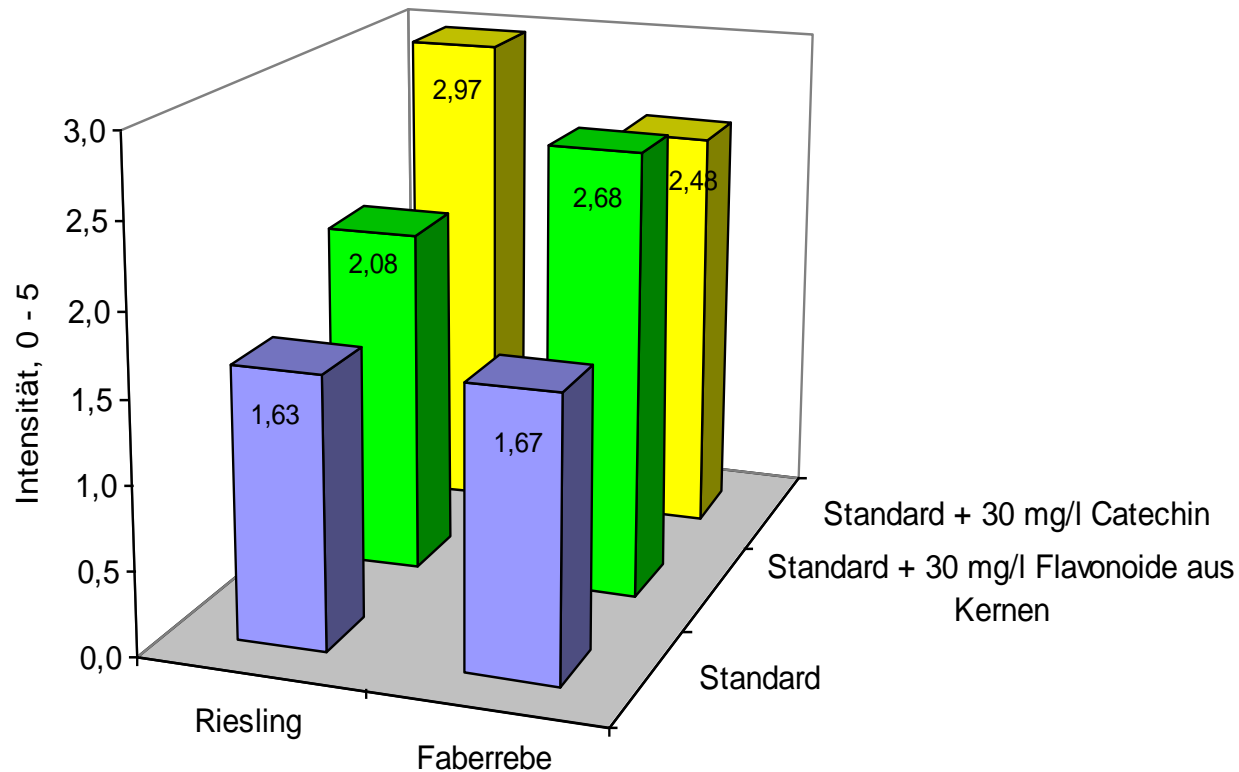
OTR Zinn-Saran: 0,0 mg / Jahr

OTR Saranex: 1 mg / Jahr

OTR Compound: 2 mg / Jahr

Einfluss der Phenolmatrix auf die Altersfirne zweier Weißweine nach 8 Monaten Flaschenlagerung

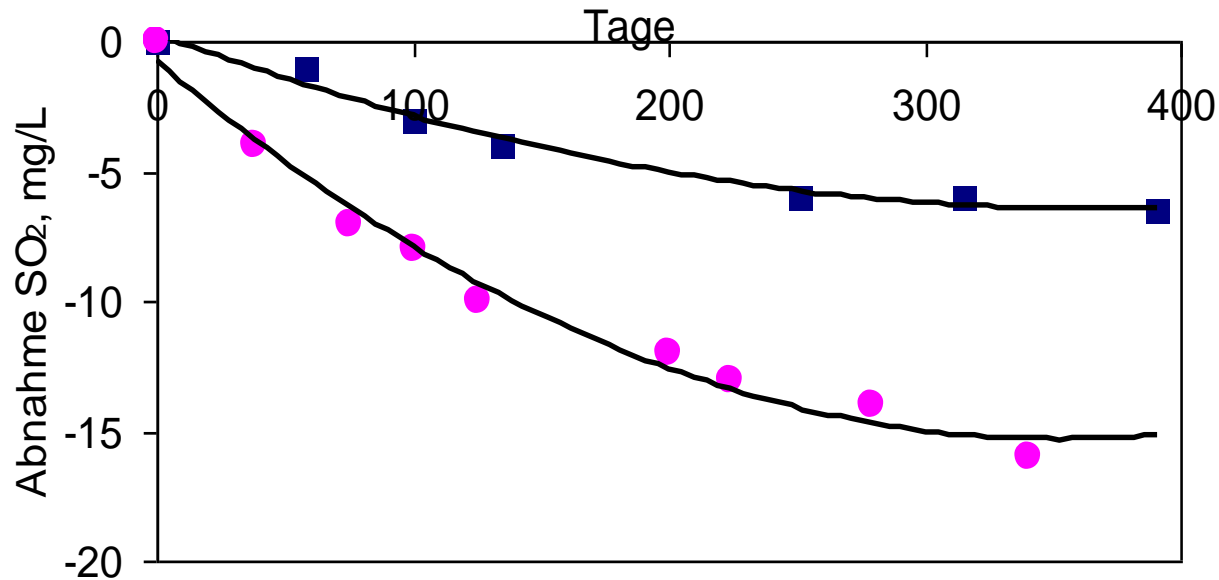
(Naturkork, geruchliche Bonitierung 0-5, n = 18 Prüfer)



Der Effekt des Sauerstoffs nimmt mit steigendem Gehalt an flavonoiden Phenolen zu (katalytische Wirkung).

→ Vorteil oxidativer Mostverarbeitung durch Ausfällung flavonoider Phenole.

Abnahme der SO_2 durch Oxidation eines mit unterschiedlichen Naturkorken verschlossenen Weins



Die hohe und variable Sauerstoffaufnahme durch Naturkorken spiegelt sich in den hohen und variablen Verlusten an SO_2 im ersten Jahr nach der Abfüllung wieder. Damit einher geht eine entsprechend starke und variable oxidative Alterung.

Zusammenfassung

Der Gehalt an freier SO₂ vor dem Abfüllen sollte berücksichtigen:

- **den Gehalt des Weins an gelöstem Sauerstoff direkt vor dem Abfüllen,**
- **die Menge des Sauerstoffs, die der Wein bei der Abfüllung aufnimmt,**
- **die Menge des Sauerstoffs, die aus dem Flaschenkopfraum und dem Verschluss zu erwarten ist,**
- **die Weinart (Weißwein vs. Rotwein),**
- **die Erwartungen an die Haltbarkeit des Weins.**
- **Ein Gehalt von 30 mg/L freier SO₂ genügt beim Abfüllen, sofern der Sauerstoff unter Kontrolle ist.**
- **Die Herstellung von Weinen ohne zugesetzte SO₂ ist ohne Oxidationsschäden möglich. Sie erfordert, unter anderem, eine perfekte Kontrolle des omnipräsenten Sauerstoffs, eine späte Filtration und den systematischen Einsatz von Inertgasen.**