

Optimierung von Haltbarkeit und Aromastabilität fruchtiger Weißweine

unter besonderer Berücksichtigung von

- die verschiedenen Arten der Alterung
 - schonende Weinbehandlung
- Sauerstoffmanagement und Verschlüsse
 - Lagerung auf der Hefe
 - Mostoxidation

Eine Zusammenfassung aus 30 Jahren Forschung bei
Schneider-Oenologie

Inhalte

1. Arten der Alterung von Weißweinen

1.1. UTA

1.2. Lagerböckser

1.3. Oxidative Alterung und Altersfirne, Einfluss von

- Sauerstoff
- flavanoide Phenole
- SO₂
- Ascorbinsäure
- Hefe
- Flaschenverschluss

2. Ursachen von Aromaverlusten im Keller

2.1. Temperatur

2.2. Adsorption

2.3. Verdunstung

2.4. Aufnahme von Sauerstoff

3. Optimierung der Qualität durch schonende Weinbehandlung

3.1. Die Wirkung der Hefe nach der Gärung

3.2. Die Frage nach Abzug und Filtration

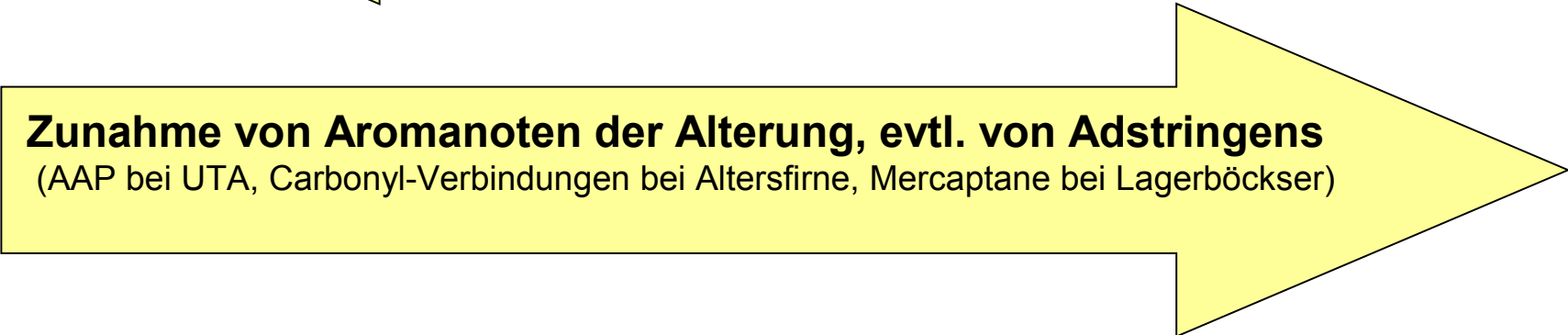
3.3. Fragen zur Reduktivität der Mostverarbeitung und die Mostoxidation

Alterung von Weißwein



Abnahme fruchtig-floraler Aromen

(Abbau der Acetate aus Gärungsstoffwechsel, Umbau der Terpene aus Traube)



Zunahme von Aromanoten der Alterung, evtl. von Adstringens

(AAP bei UTA, Carbonyl-Verbindungen bei Altersfirne, Mercaptane bei Lagerböckser)

In Weißweinen der fruchtigen Art wird Alterung als negativ bewertet.

Die Frage nach ihrer Haltbarkeit und Aromastabilität ist eine der zentralen Fragen der Önologie.

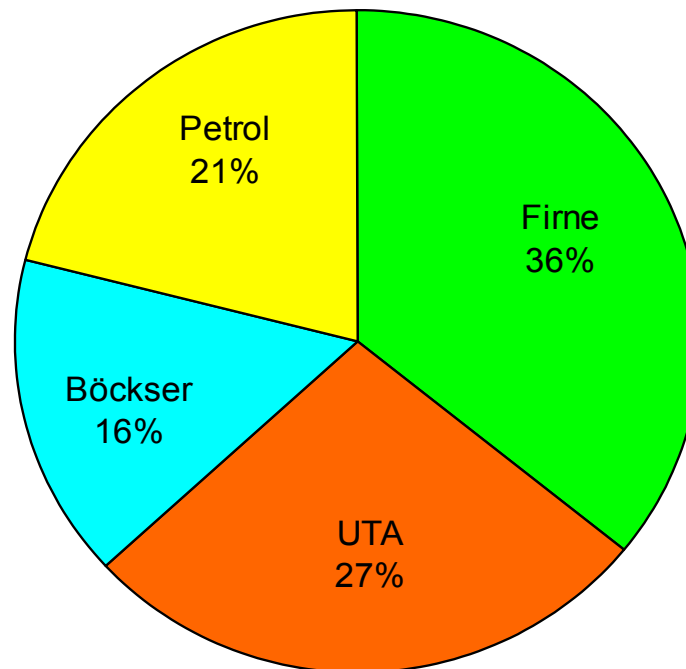
Aroma muss nicht nur erzeugt, sondern auch erhalten werden !

Vier Arten von Alterung in Weißwein

Bezeichnung	sensorische Differenzierung	Ursache
Altersfirne	Schwarzer Tee, Nüsse, Honig, Pilzkonserven, Stroh, feuchte Gartenerde; bei Anwesenheit flavonoider Phenole zunehmend adstringierender Abgang.	Höhere Aldehyde und Ketone durch gekoppelte Oxidation mit Phenolen, Karamelisierungsprodukte von Zuckern und Aminosäuren. Sauerstoff beteiligt.
untypischer Alterston (UTA)	Kleiderschrank, Mottenkugeln, schmutzige Wäsche, Seife, Waschmaschine, Bohnerwachs, Zitronenblüte; im Extremfall bitterer Abgang.	2-Aminoacetophenon = Abbauprodukt von Indoleessigsäure aus gestresstem Lesegut. Kein Sauerstoff beteiligt.
Petrolton	Benzin, Kerosin, trockene Marillen	1,1,6-Trimethyldihydro-naphtalin (TDN) = Abbauprodukt von Carotinoiden, fast nur in reifen Rieslingen. Schwellenwert = 2 µg/L: Kein Sauerstoff beteiligt.
Lagerböckser	verbrannter Gummi, altes Fleisch, Knoblauch, faule Zwiebeln, faule Eier	Mercaptane - durch saure Hydrolyse geruchloser Thioessigsäureestern, - durch Reduktion von geruchsschwachen Disulfiden Sauerstoff beteiligt.

Prozentuale Verteilung der vier Alterstöne bei österreichischen Weißweinen im Prämierungsbereich.

Sensorische Bewertung 2009, 1-3 Jahre nach Prämierung durch n = 22 Verkoster.
Zahlenangaben beziehen sich auf die Häufigkeit des Alterstons unabhängig von der Intensität.

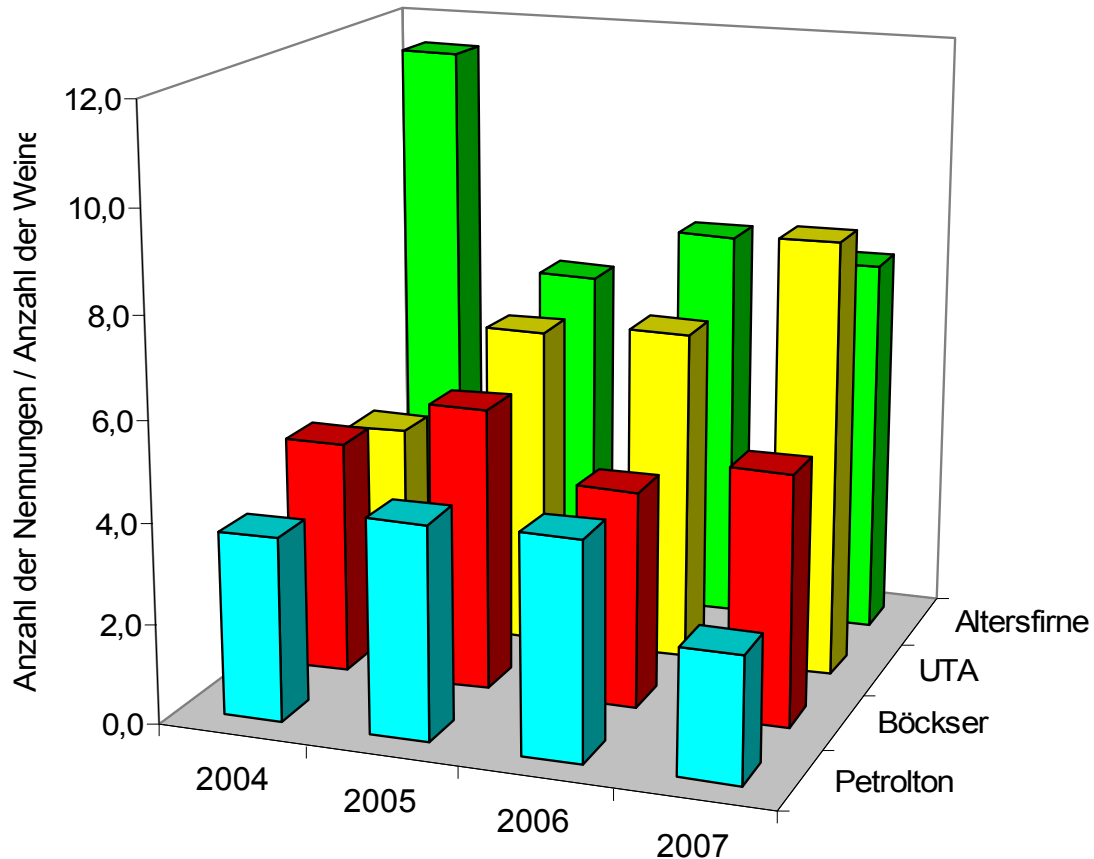


Altersfirne bzw. oxidative Alterung ist die häufigste Ursache frühzeitigen Aromazerfalls hochwertiger Weißweine.

Verteilung der vier Alterstöne bei prämierten österreichischen Weißweinen in Abhängigkeit vom Alter.

Sensorische Auswertung 2009, 1-3 Jahre nach Prämierung durch n = 22 Verkoster.

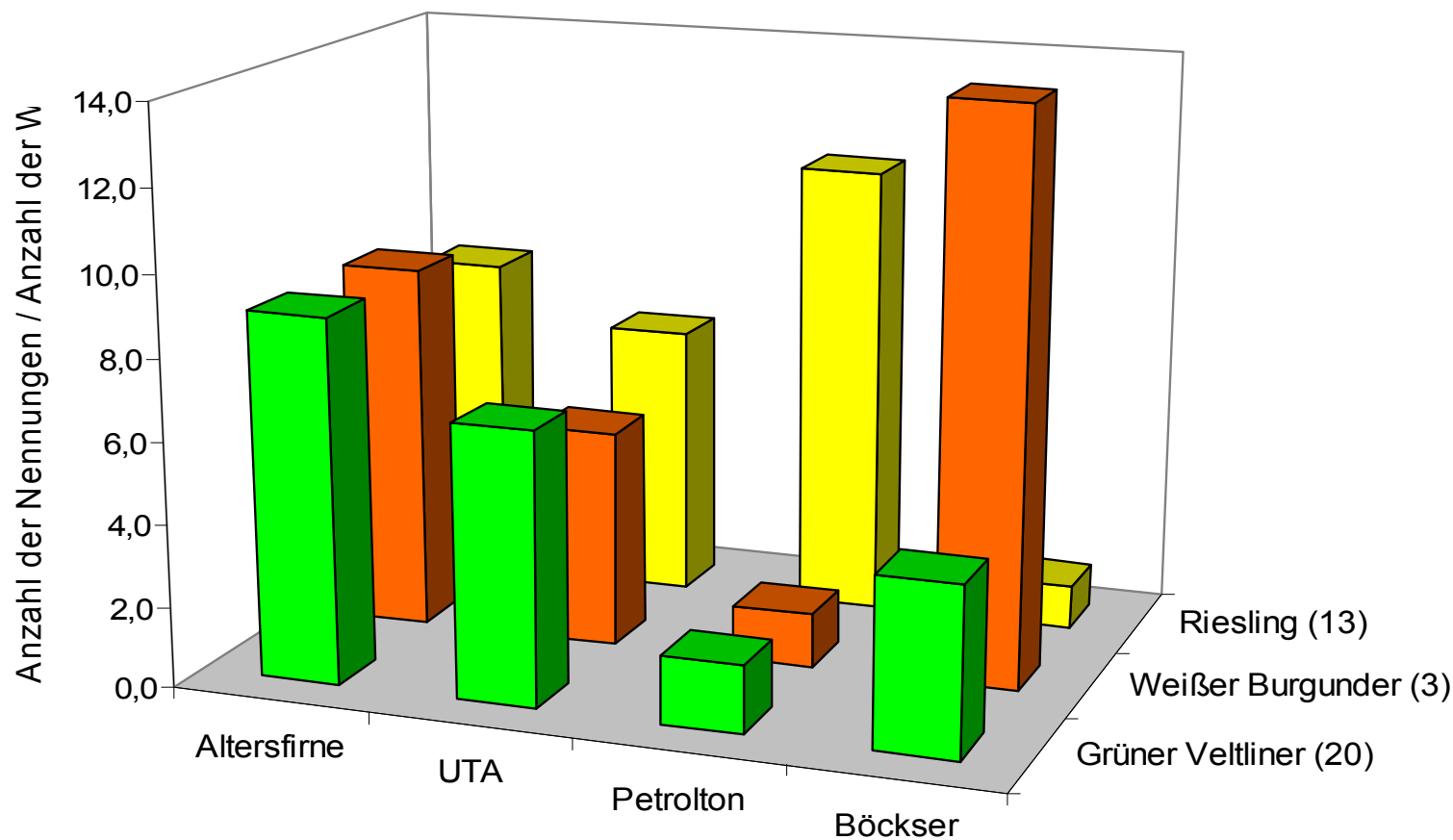
Zahlenangaben beziehen sich auf die Häufigkeit des Alterstons unabhängig von der Intensität.



UTA kann bereits im sehr frühen Stadium des Jungweins entstehen und mit zunehmendem Alter durch Altersfirne maskiert werden.

Verteilung der vier Alterstöne bei prämierten österreichischen Weißweinen in Abhängigkeit von der Rebsorte.

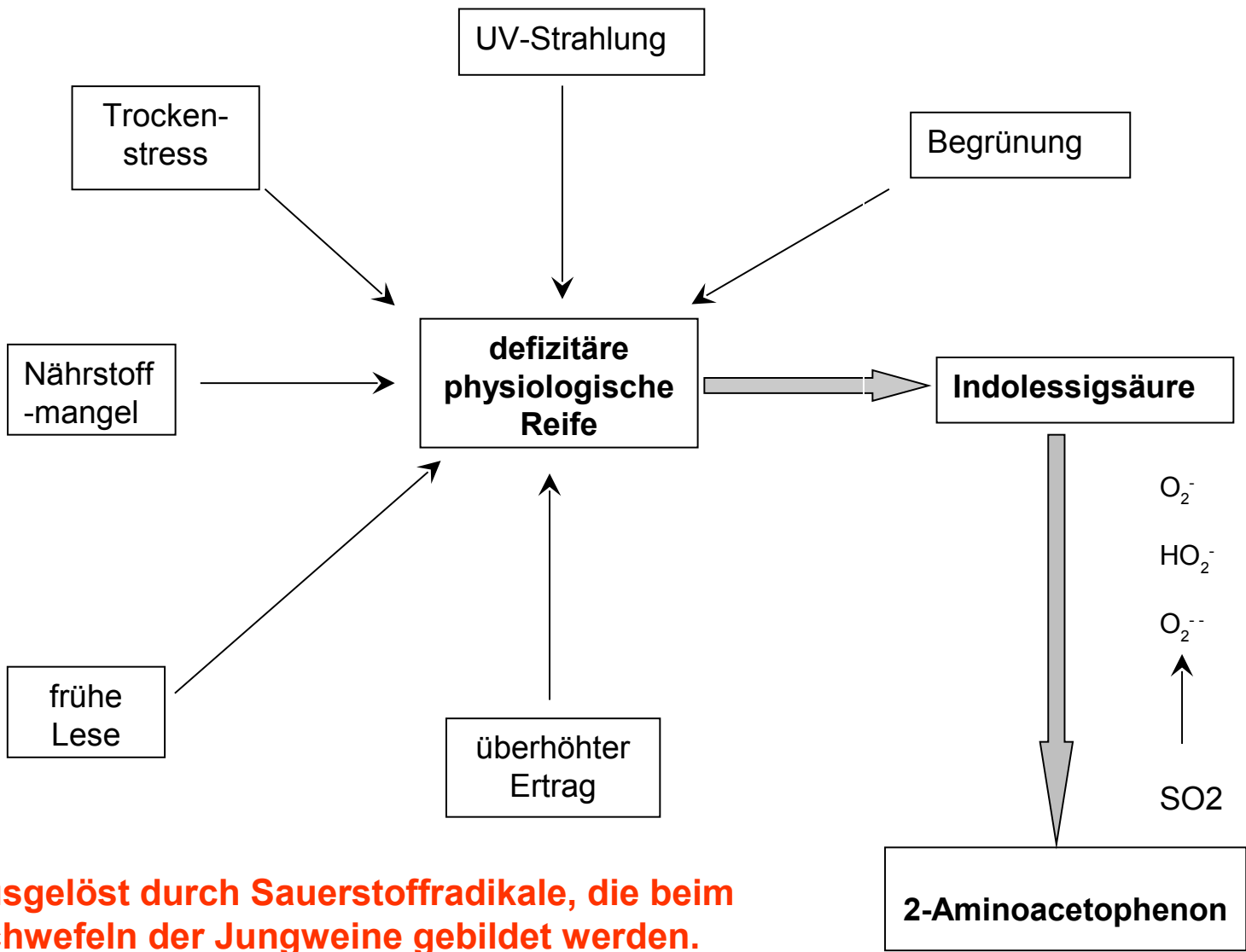
Verdeckte Auswertung 2009, 1-3 Jahre nach Prämierung durch n = 22 Verkoster.



Petrolton tritt nur bei Riesling aus sehr reifem Lesegut auf.

1.1. UTA

Ursachen von UTA



**UTA wird ausgelöst durch Sauerstoffradikale, die beim 1. Aufschwefeln der Jungweine gebildet werden.
Kein atmosphärischer Sauerstoff erforderlich!
Präventive Gegenmaßnahme = Ascorbinsäure.**

Bedeutung des UTA

- **Der UTA ist ein Aromadefekt, der schon im Stadium des noch relativ jungen Weins auftreten kann.**
- **Er ist ausschließlich weinbaulichen Ursprungs.**
- **Er steht in keinem Zusammenhang mit oxidativer Alterung und muss sensorisch streng von dieser abgegrenzt werden.**
- **Er ist die größte weinbauliche Herausforderung der Neuzeit im Bereich der Weißweine und in allen Ländern weit verbreitet.**

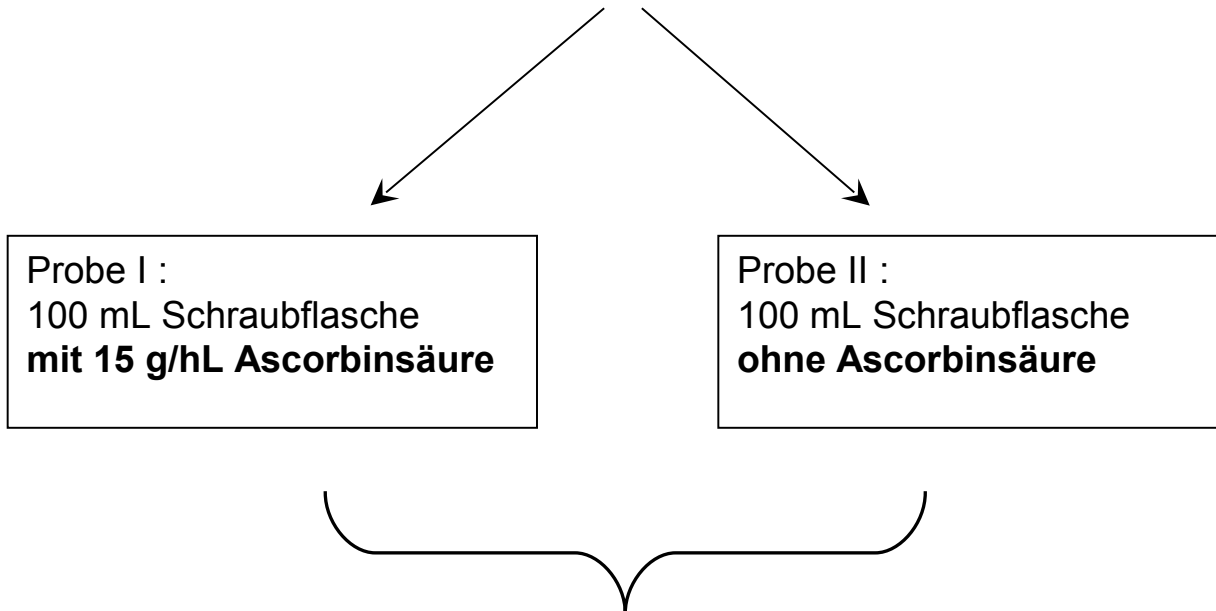
Önologische Maßnahmen gegen den UTA

- Scharfe Mostvorklärung, da ein Teil der Vorläuferstufe (Indolessigsäure) an Trub gebunden.
- **Zusatz von Ascorbinsäure (15-20 g/hl) zeitnah beim 1. Aufschwefeln der Jungweine.**
- Maischestandzeit oder Zusatz von Tannin sind nur marginal wirksam, da der in Rotwein gegen UTA wirksame Phenolgehalt nicht erreicht werden kann.

Alle Maßnahmen sind nur präventiver Natur; ein bereits vorliegender UTA kann nicht behoben werden !

Test auf UTA-Potenzial

Weinprobe (ca. 200 mL)
evtl. Schwefelung (80 mg/L)
Klärung (Zentrifugation, Filtration)

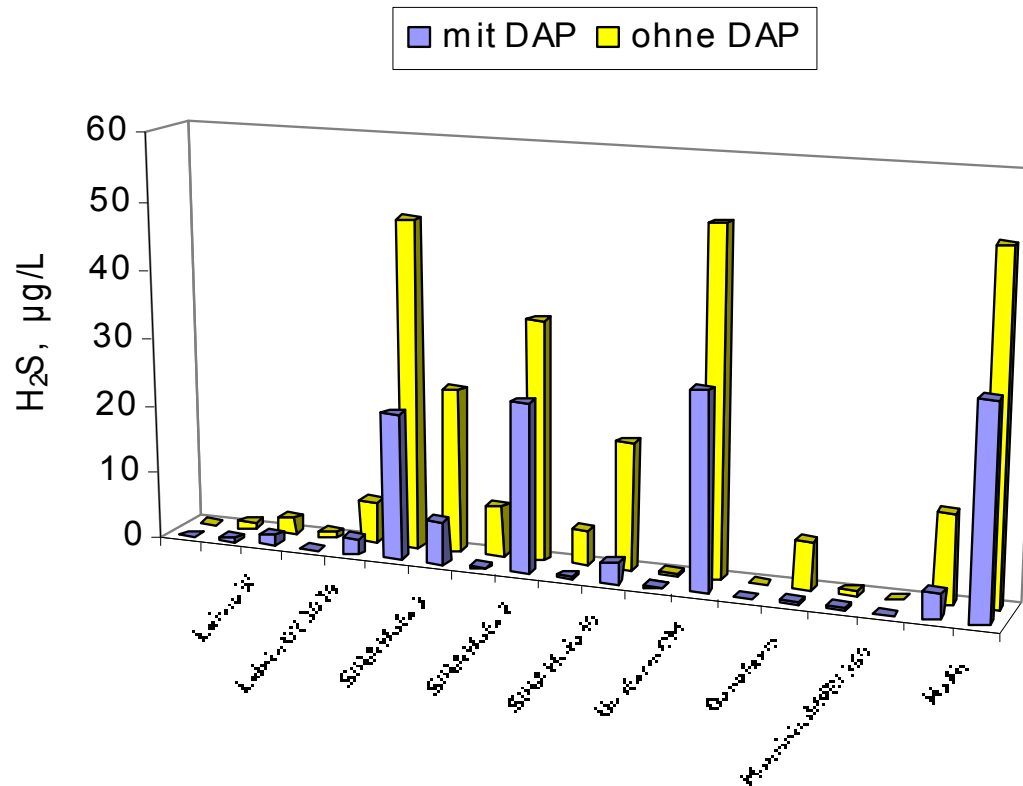


3-4 Tage Lagerung bei 60-70°C (Brutschrank)
Abkühlung auf Raumtemperatur
Identifizierung von UTA durch geruchlichen Vergleich

Falls UTA-positiv:
Präventive Behandlung des Weins mit ca. 15 g/hL Ascorbinsäure

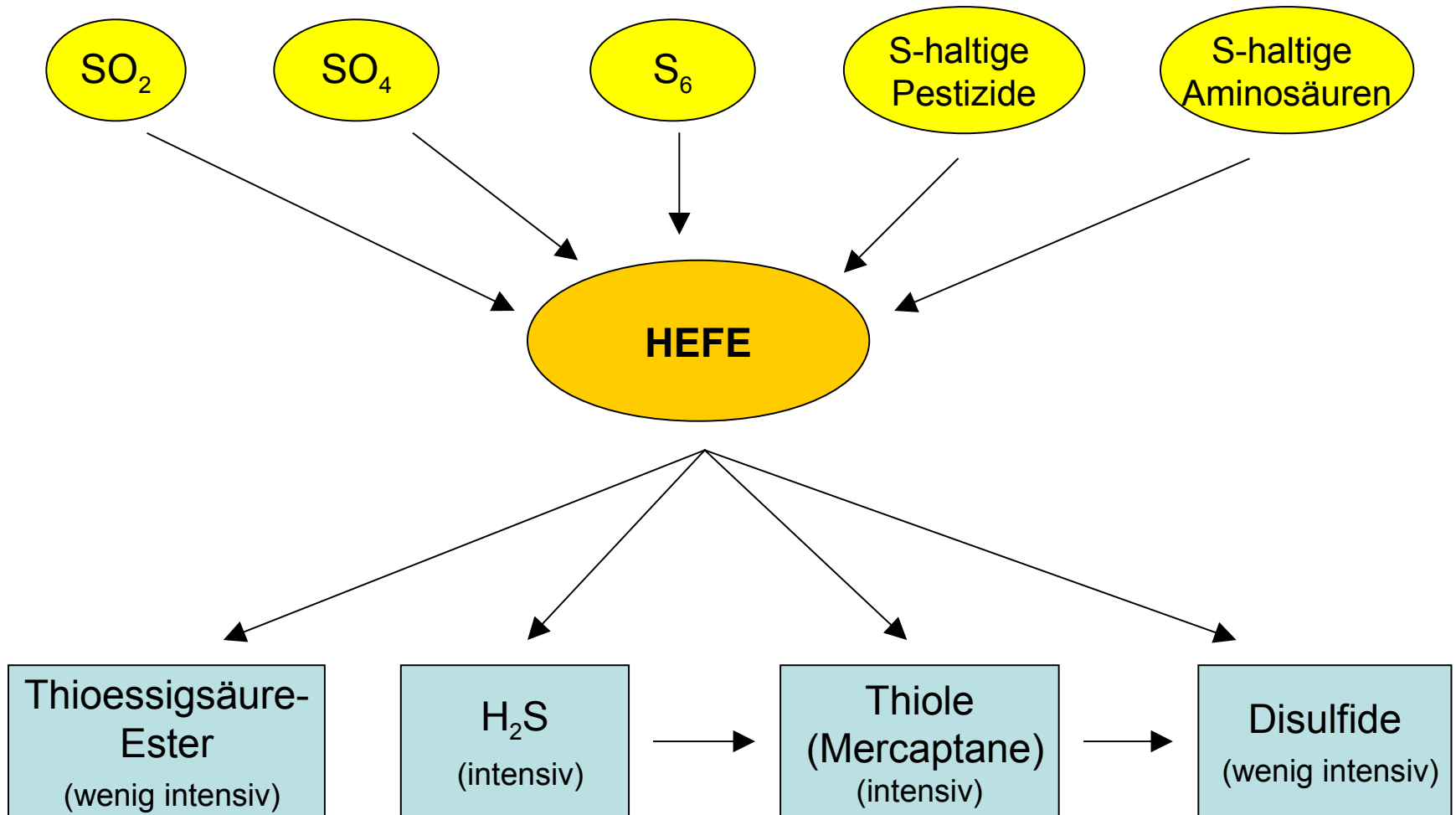
1.2. Lagerböckser

Bildung von Schwefelwasserstoff (H_2S) während der Gärung mit 18 verschiedenen Hefen (20 g/hl) in Abhängigkeit von der N-Versorgung durch Gärersalz (+ 0 bzw. 30 g/hl DAP)



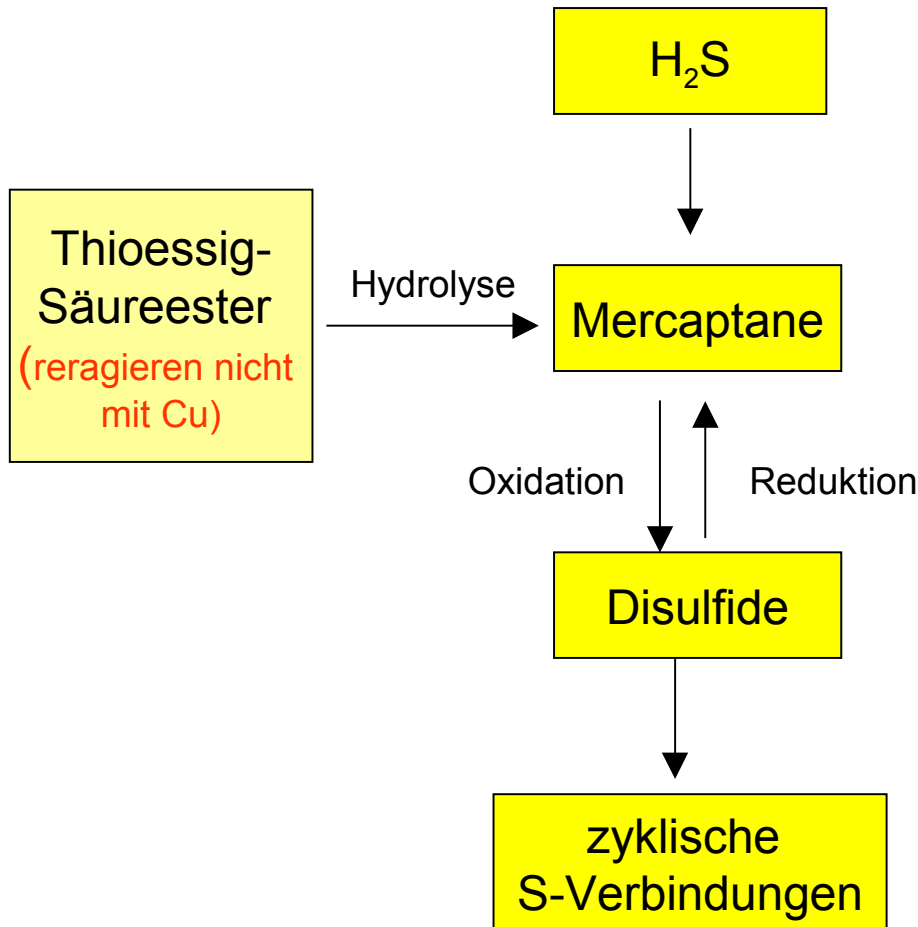
Die Bildung von H_2S während der Gärung ist der Indikator für einen gestörten S-Stoffwechsel der Hefe und die spätere Bockserlastigkeit des Weins. Sie wird durch Dosage von Gärersalz (DAP) wesentlich verringert.

Bildung von Jungweinböcksern durch Hefe Ausgangssubstanzen und Reaktionsprodukte



Scharfe Mostvorklärung mindert Ausgangssubstanzen von Böckser.

Alterung von Böcksern, Behandlung und Prävention



REAKTION bzw. BEHANDLUNG :

Verdunstung, Oxidation, Kupfer

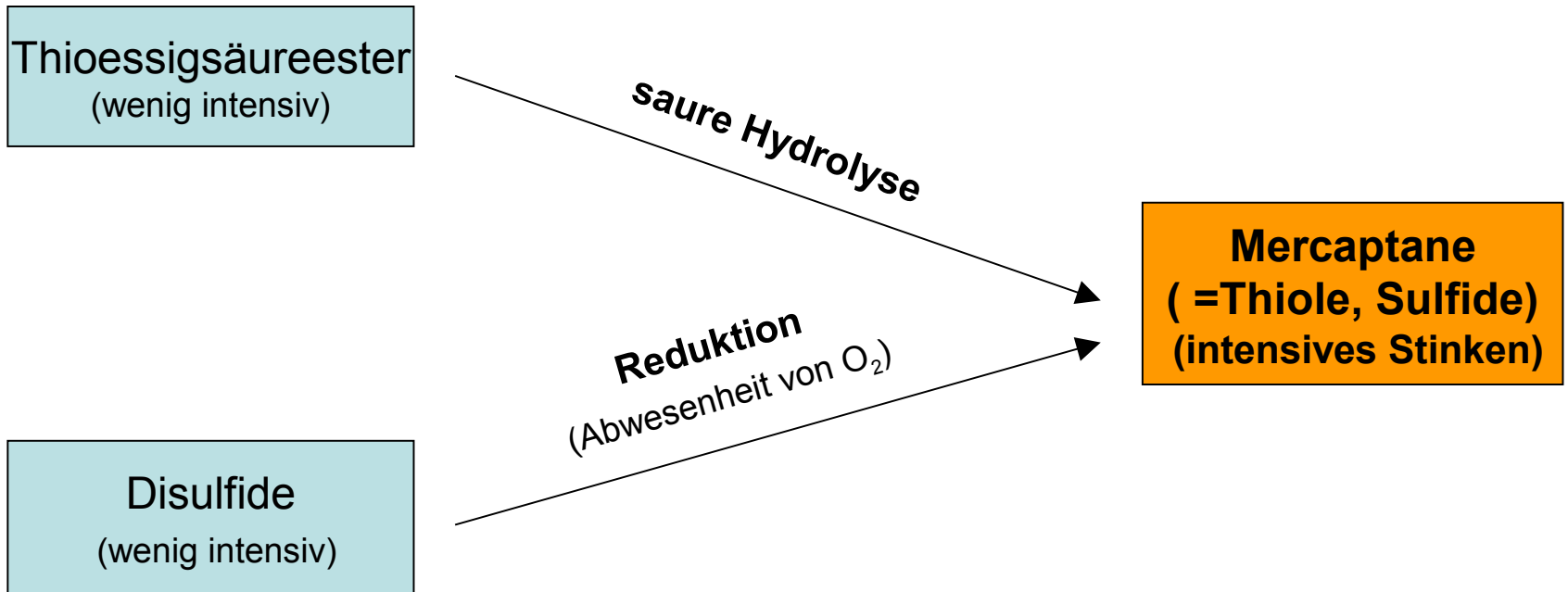
Kupfer

keine bzw. Kupfer nach Reduktion
(Ascorbat) zu Mercaptanen

keine (abgehockt)

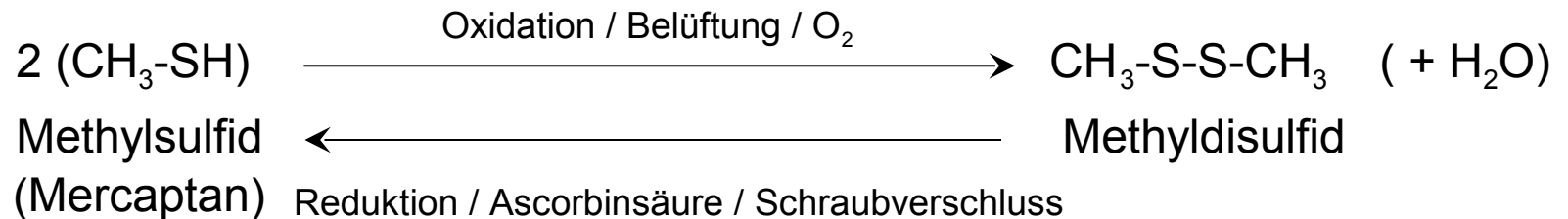
Böckser unterliegend einer chemischen Alterung, während der ihre Behandlung zunehmend aufwendiger wird.

Ursache von Lagerböcksern



**Ascorbinsäure und Schraubverschluss fördern die Bildung von Lagerböcksern !
Entstehende Mercaptane können durch Cu⁺ abgefangen werden.**

Einfluss von Sauerstoff und Redoxpotenzial auf Böckser.



Unter stark reduktiven Bedingungen werden geruchsschwache Disulfide zu Mercaptanen (Thiolen) reduziert.

Bei Sauerstoffzufuhr werden Mercaptane zu geruchsschwachen Disulfiden oxidiert – und bei nachfolgender Reduktion wieder zurückgebildet.

Das Gleichgewicht zwischen Mercaptanen und Disulfiden ist abhängig vom Redoxzustand des Weins → Einfluss des Flaschenverschlusses.

Sauerstoff wirkt Lagerböcksern entgegen, fördert aber Altersfirne.

Lösung: Abfüllung mit Spuren von Cu^+ .

Kupfersulfat vs. Kupfercitrat

Cu⁺ fällt Thiole (Mercaptane) und H₂S.

Das Anion (Sulfat, Chlorid, Carbonat, Citrat....) verbleibt wirkungslos im Wein.

Kupfer: Cu⁺ ; MG = 63,55
Kupfersulfat: CuSO₄ x 5 H₂O; MG = 249,68
Kupfercitrat: Cu₃(C₆H₅O₇)₂; MG = 568,84

Kupfersulfat enthält 25,5 % Cu⁺ (= 100 %)

Kupfercitrat enthält 33,5 % Cu⁺ (= 131 %)

Da Kupfercitrat 31 % mehr Cu⁺ als Kupfersulfat enthält, benötigen wir davon eine um 31 % geringere Aufwandmenge zur Behandlung des gleichen Böckers. Die Menge an Kupferionen ist identisch !

Bezogen auf die Menge des eingebrachten Cu⁺ ergeben sich keine sensorisch signifikanten Unterschiede zwischen Kupfersulfat und Kupfercitrat.

Böcksertest

100 mg Kupfersulfat in 1 Liter Wasser lösen.

Von dieser Lösung entspricht:

$$\begin{aligned} 1 \text{ mL} / 100 \text{ mL Wein} &= 0,1 \text{ g/hl Kupfersulfat} \\ &= 0,25 \text{ mg/L Kupfer (als Cu)} \end{aligned}$$

Steigende Reihe mit 0,10; 0,15; 0,20 etc.....g/hl Kupfersulfat.

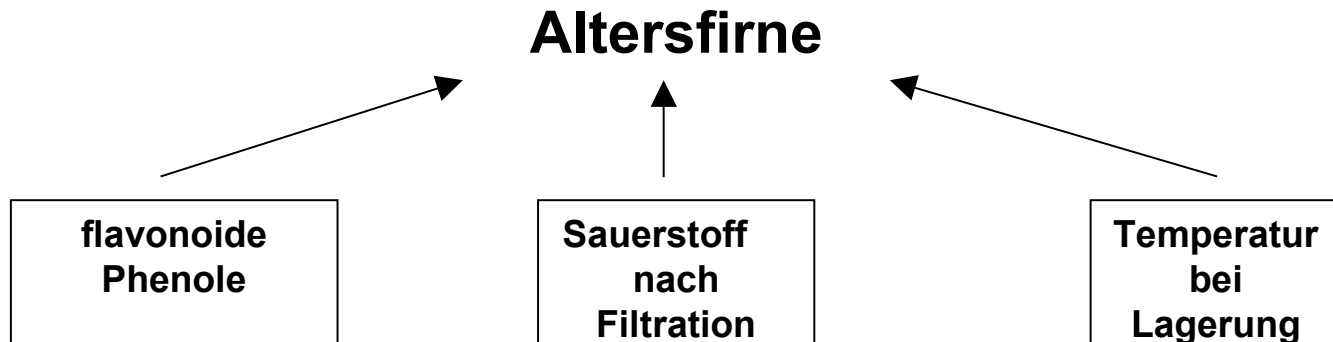
Sensorische Bewertung nach 2-3 Minuten bei Raumtemperatur.

Auf saubere Weine angewandt zeigt der Böcksertest, dass geringe Mengen von Kupfer der Aromatik nicht abträglich sind ! Ausnahme = Sauvignon blanc.

1.3.

Oxidative Alterung und Altersfirne

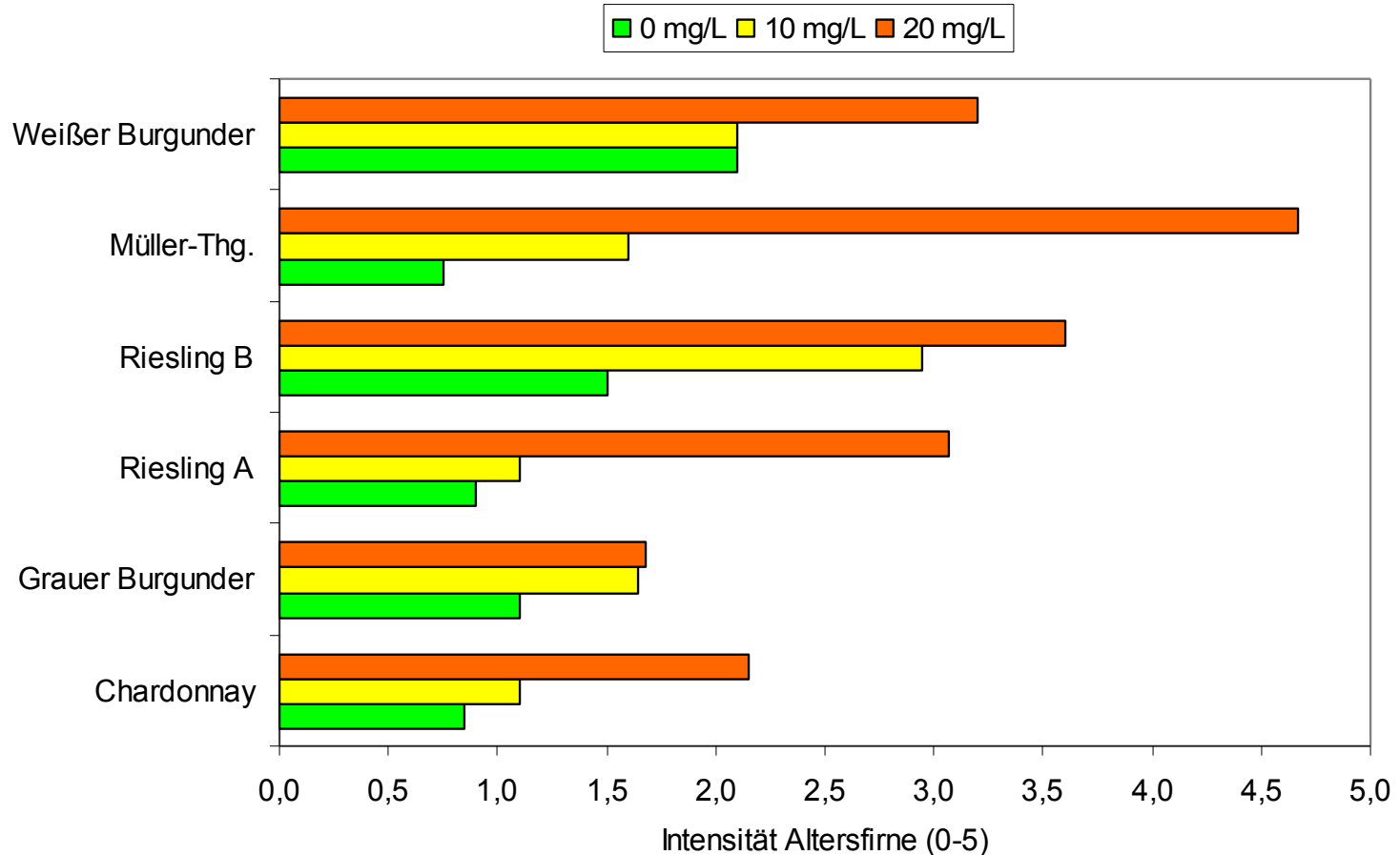
Ursachen von Altersfirne



Bei der Ausbildung von oxidativer Alterung wirken stets mehrere Faktoren synertistisch zusammen. Erhöhte Gehalte an freier SO_2 verlangsamen sie nur geringfügig.

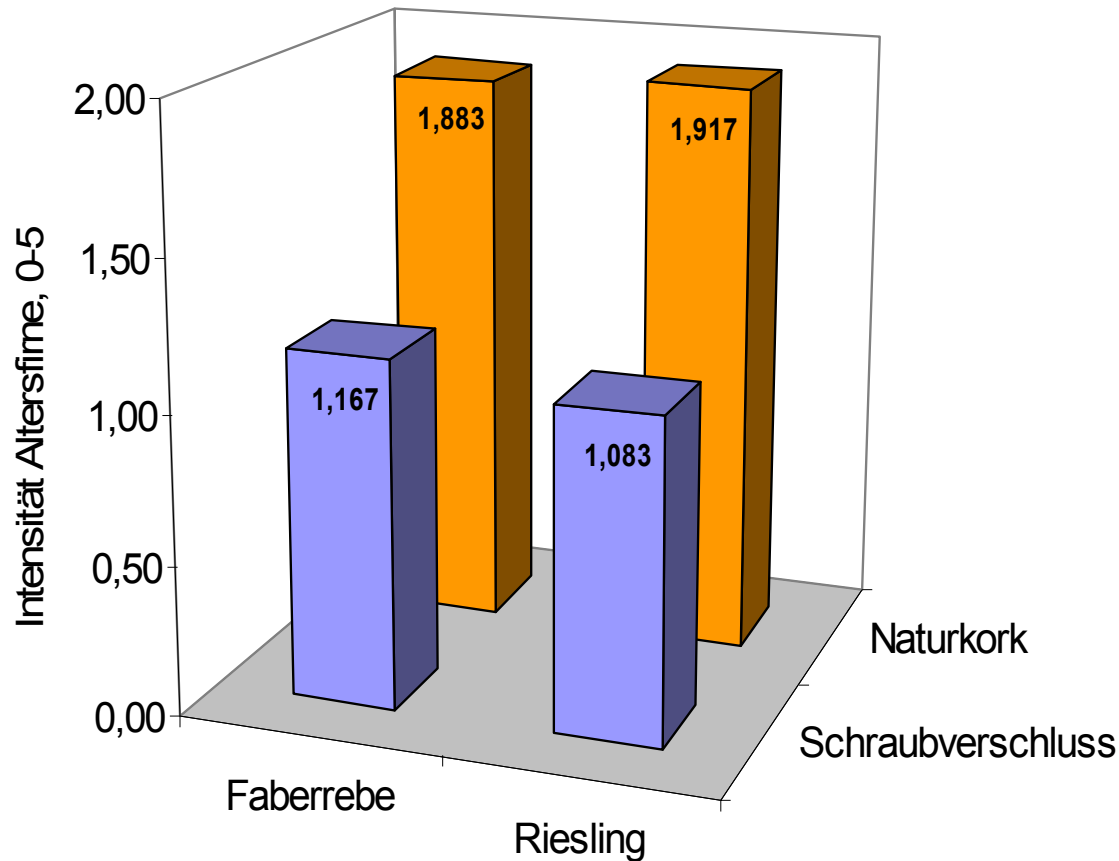
Zunahme von Altersfirne (0-5) durch steigende Mengen von Sauerstoff zu abgefüllten Weißweinen.

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



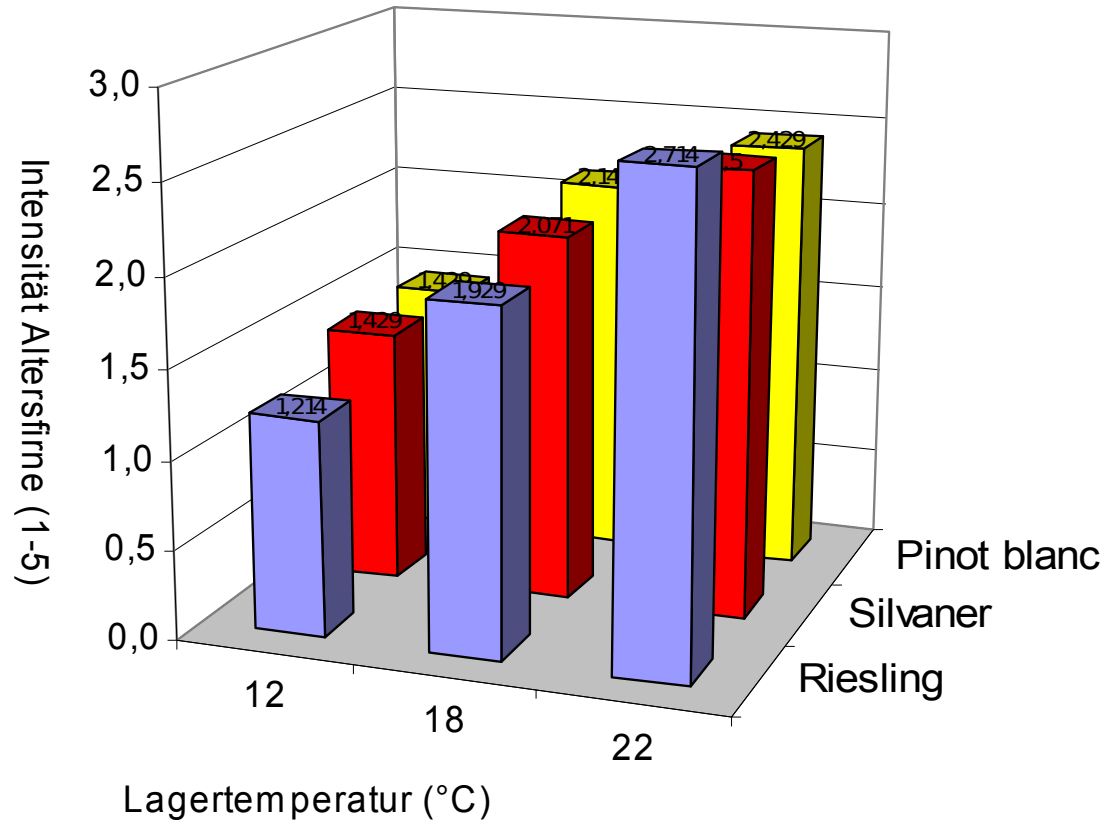
Die nach der Filtration aufgenommenen Mengen an Sauerstoff können bereits ab einer Menge von 5 mg/L zu einer signifikanten Intensivierung von Altersfirne (vs. Minderung der Fruchtaromatik) führen.

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



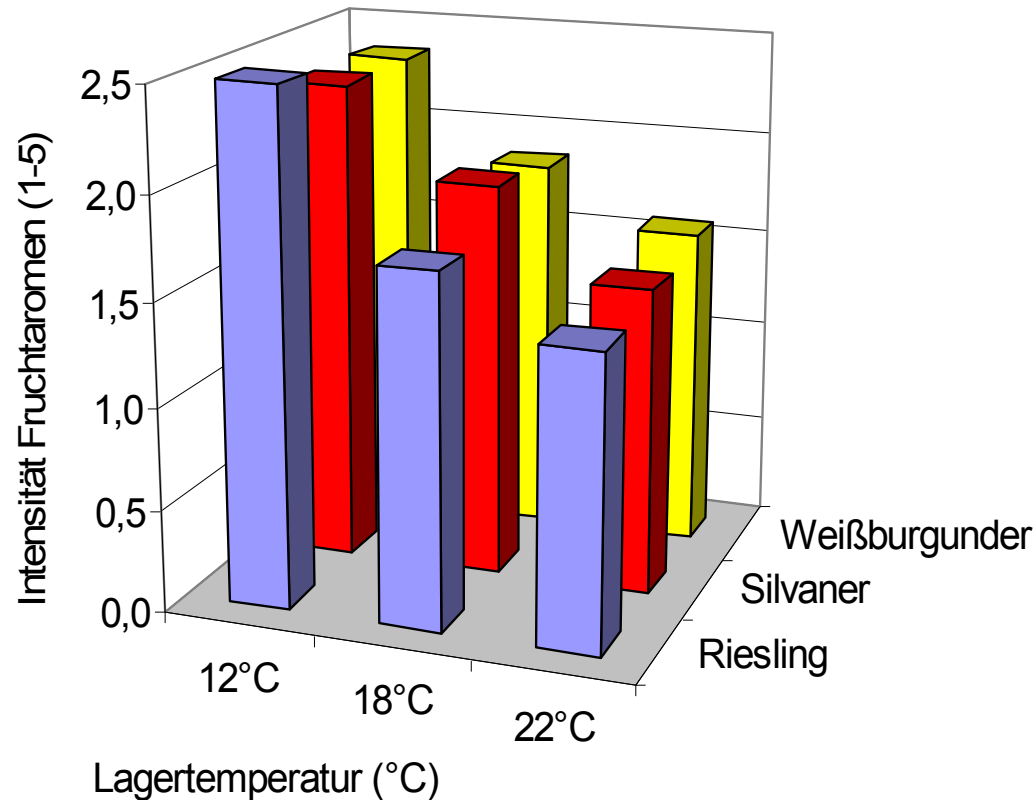
Schrauber mit Zinn-Saran-Einlage mindern Firne durch guten Sauerstoffabschluss.

Abhängigkeit der geruchlich wahrnehmbaren Altersfirne von drei abgefüllten Weißweinen nach 10 Monaten Lagerung bei verschiedenen Temperaturen



Wie alle Arten von Alterung nimmt auch die Altersfirne mit der Lagertemperatur zu.

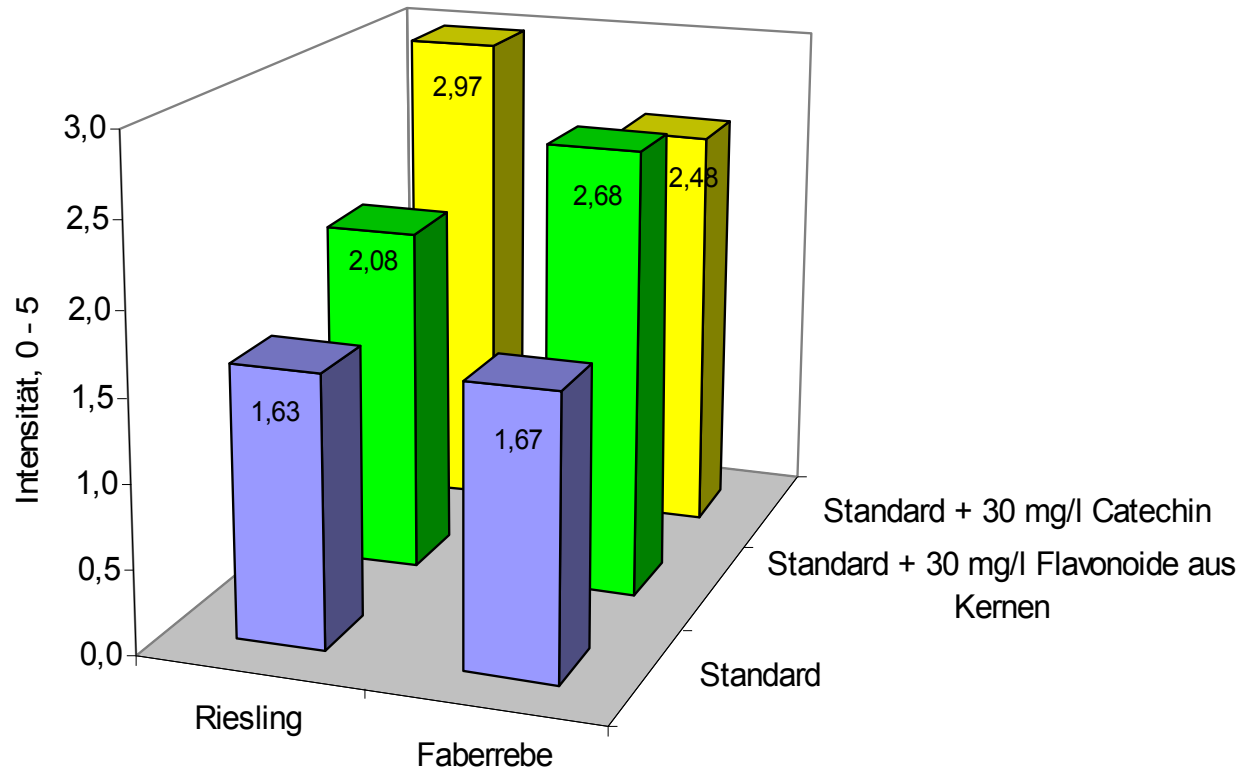
Abhängigkeit der geruchlich wahrnehmbaren Fruchtaromatik (0-5) von drei abgefüllten Weißweinen nach 10 Monaten Lagerung bei verschiedenen Temperaturen



Unterschiede von 5° C sind nach 10 Monaten Lagerdauer sensorisch hoch signifikant nachvollziehbar.

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

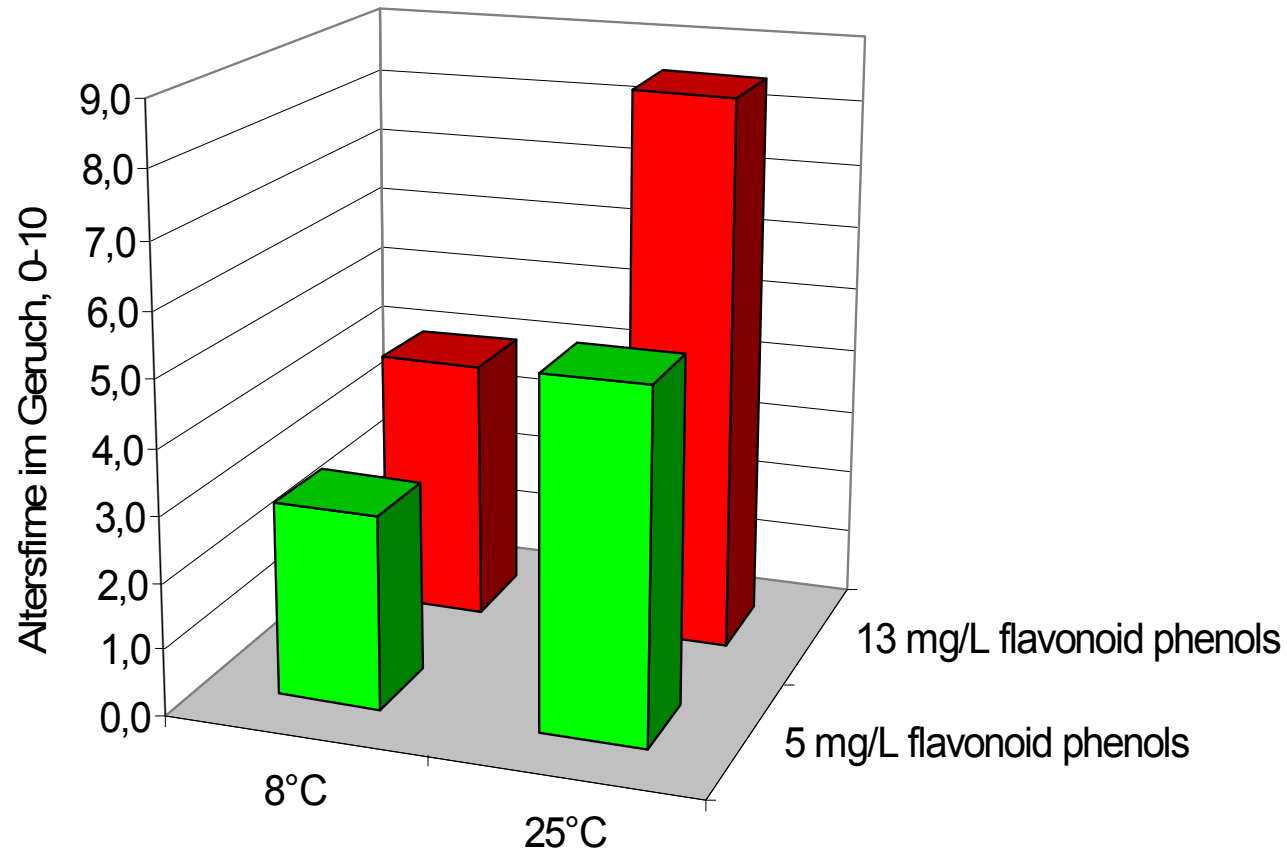
(Naturkork, geruchliche Bonitierung 0-5, n = 18 Prüfer)



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

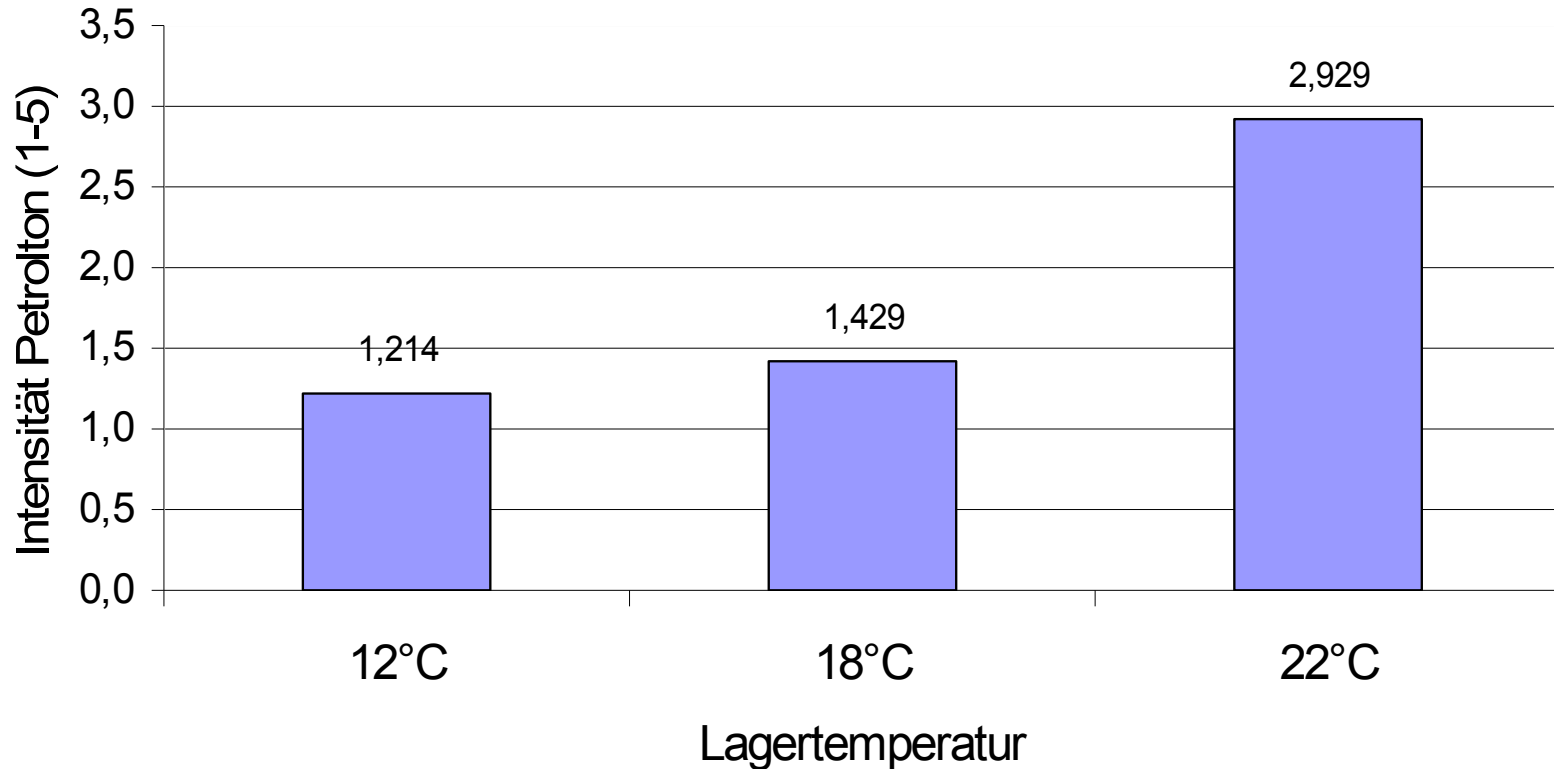
Einfluss von Temperatur und flavonoiden Phenolen auf die Entstehung von Altersfirne bei Riesling

Effekt nach 4 Monaten Flaschenlager mit Korkverschluss.



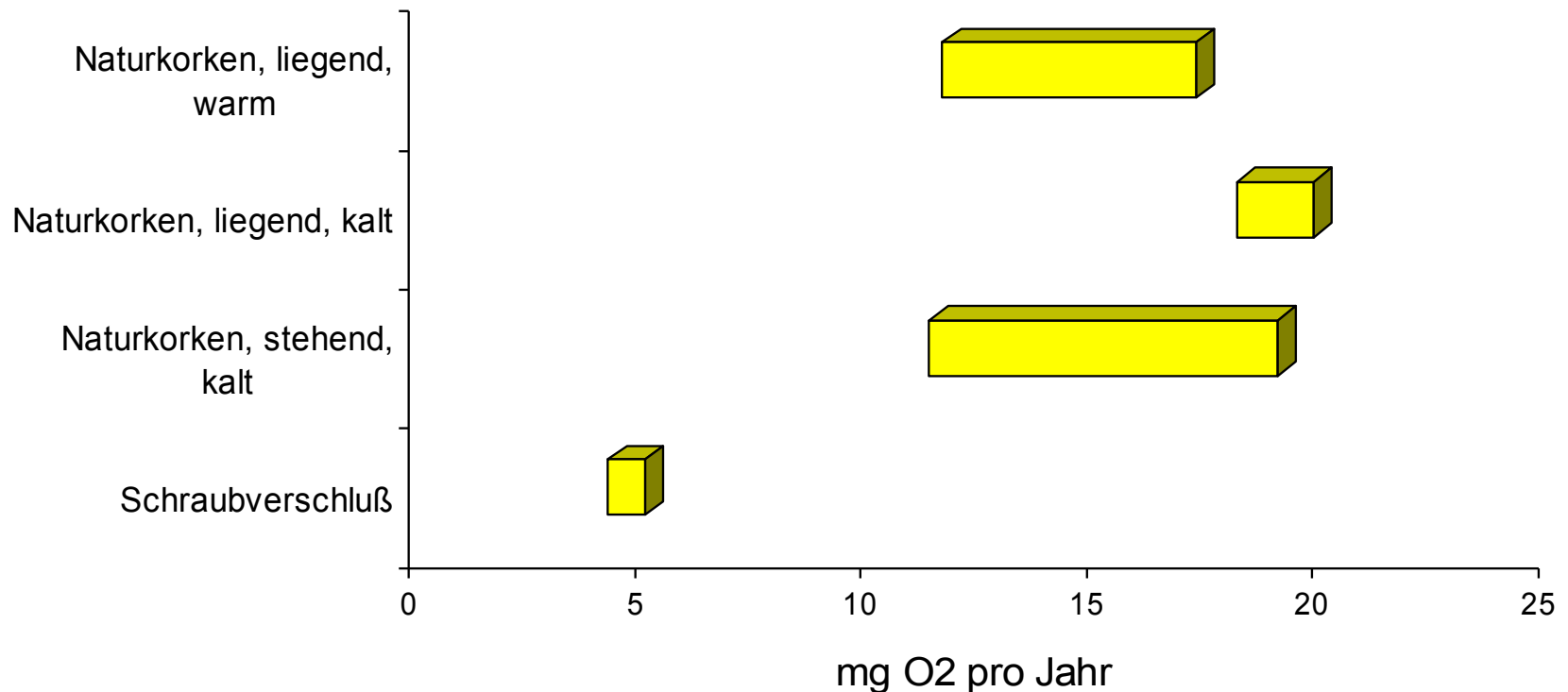
Bei der Bildung von Altersfirne akkkumulieren die Effekte von flav. Phenolen und Temperatur !

Abhängigkeit des geruchlich wahrnehmbaren Petroltons bei Riesling nach 10 Monaten Lagerzeit bei verschiedenen Temperaturen.



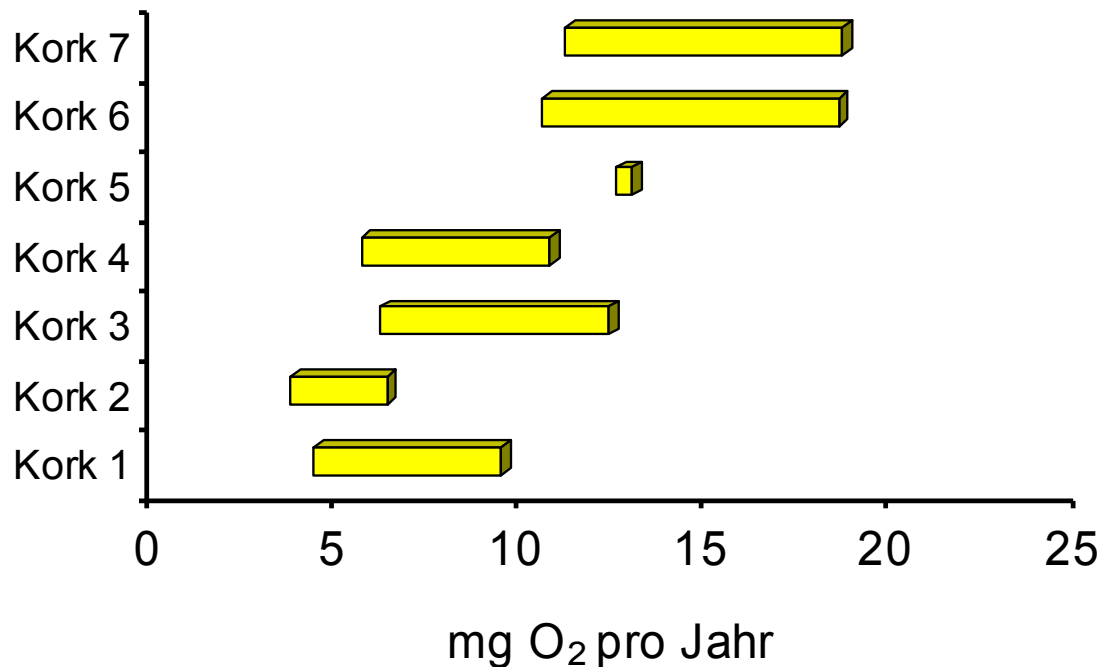
Ein warmes Flaschenlager beschleunigt alle Arten der Alterung, auch die Entwicklung von Petrolton. – Innen dichtende Verschlüsse (Kunststoffstopfen, Kork) absorbieren TDN.

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



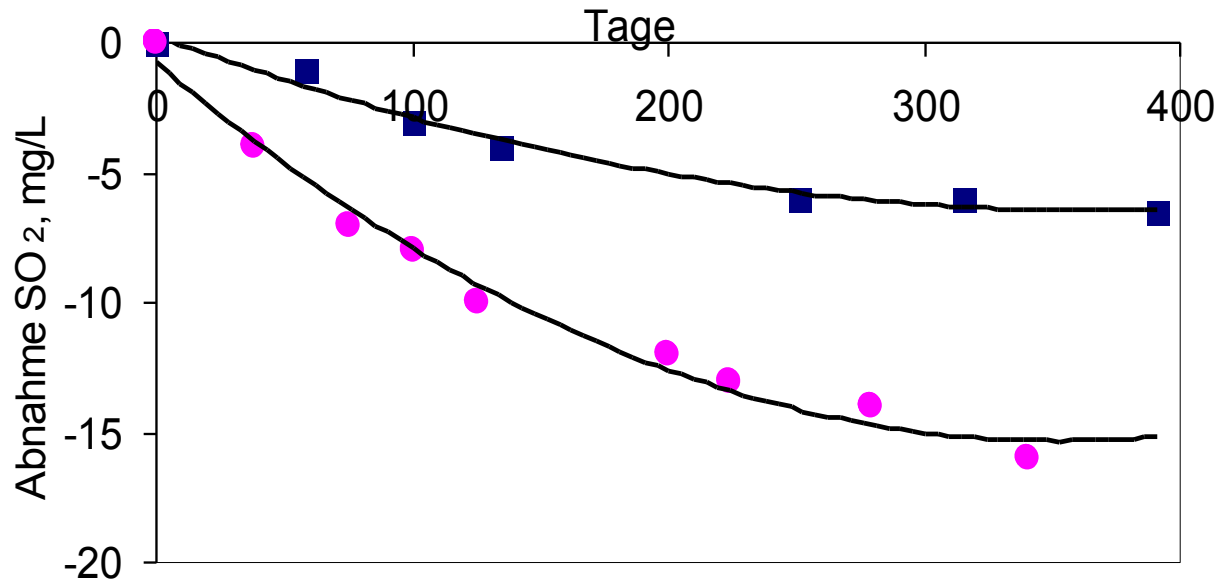
Im Gegensatz zu natürlichen und synthetischen Korken weisen Schraubverschlüsse eine sehr geringe und reproduzierbare Barrierewirkung gegenüber Sauerstoff auf (Zinn-Saran-Einlage < 0,1 mg/L · Jahr).

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



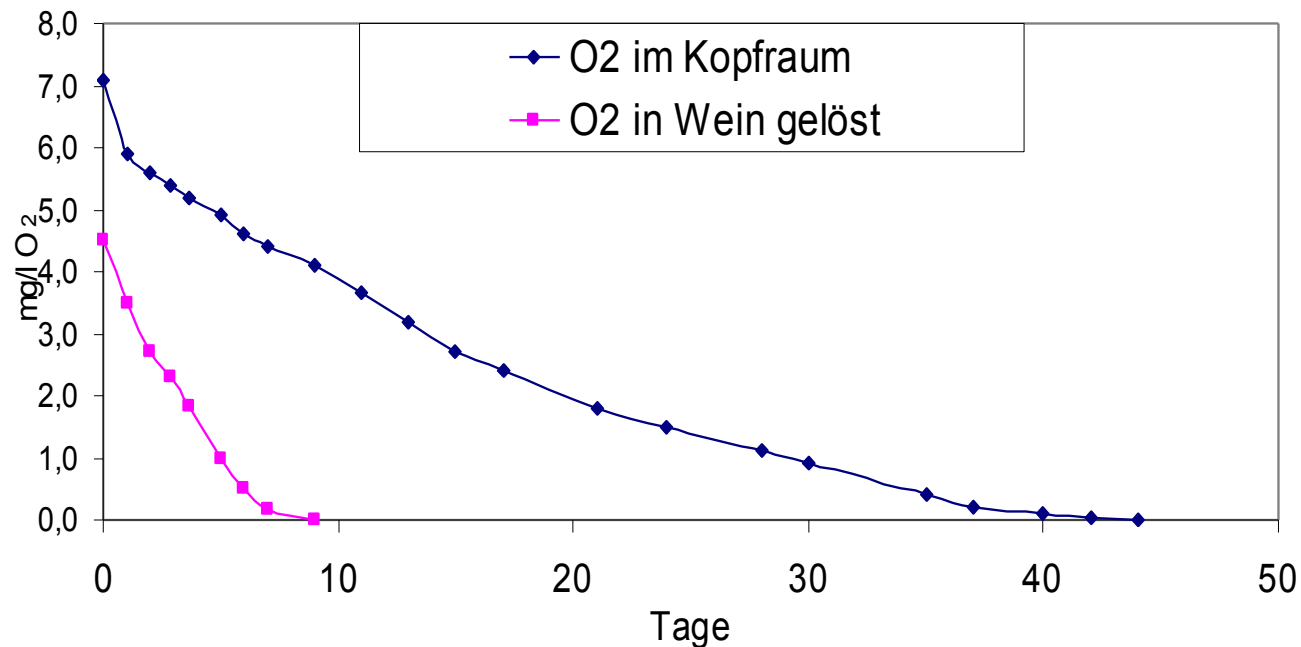
Naturkorken können dem Wein große Mengen an Sauerstoff zuführen. Die Mengen sind äußerst variabel zwischen den Korkchargen (-qualitäten) einerseits und den Einzelstücken innerhalb einer Charge andererseits.

Abnahme der SO_2 durch Oxidation eines mit unterschiedlichen Naturkorken verschlossenen Weins



Die hohe und variable Sauerstoffaufnahme durch Korken spiegelt sich in den hohen und variablen Verlusten an SO_2 im ersten Jahr nach der Abfüllung wieder.

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

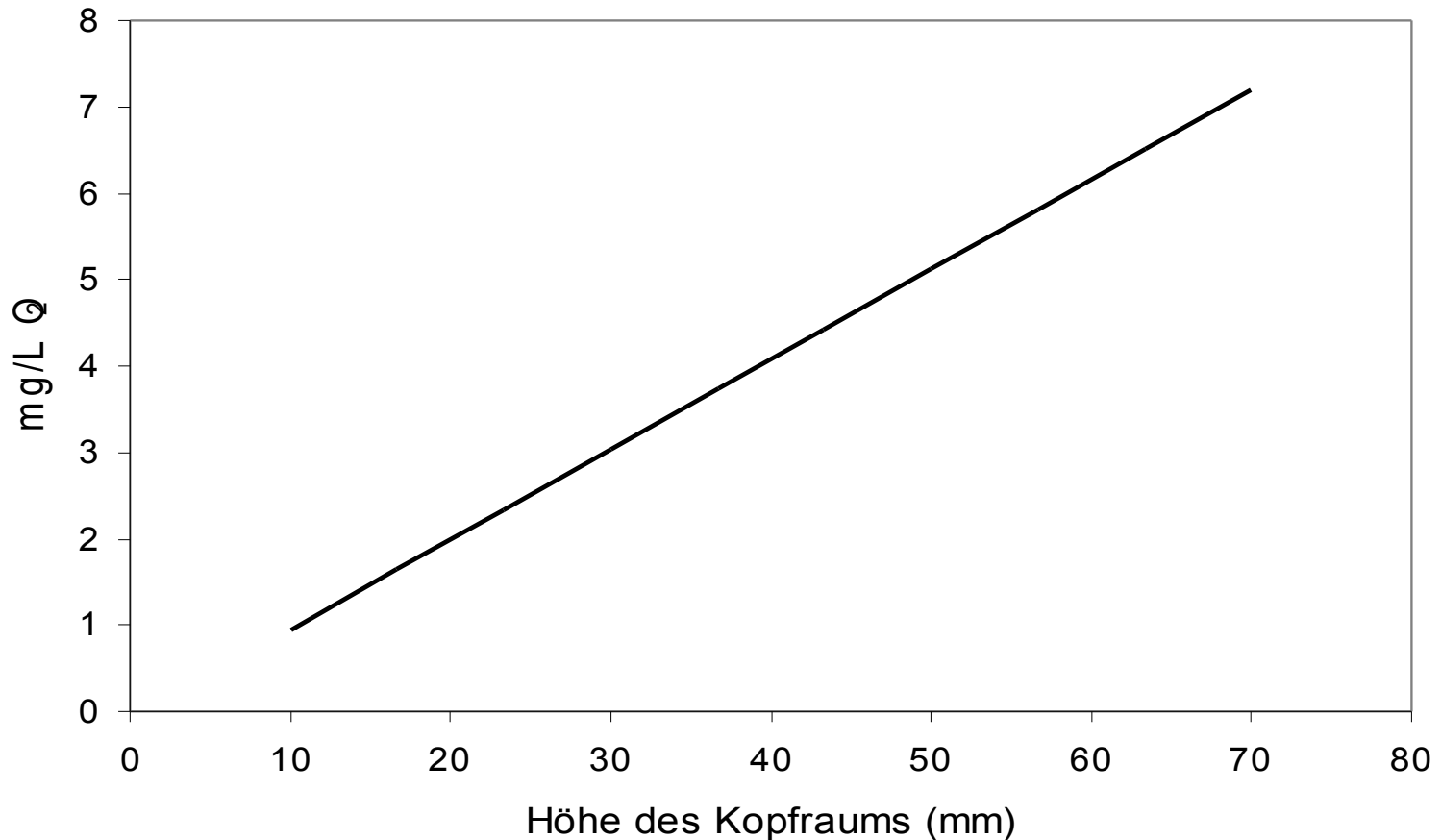


Der im Kopfraum befindliche Sauerstoff benötigt 1-2 Monate, bis er vollständig in den Wein diffundiert ist und sich abreagiert hat. Danach ist die SO₂ stabil.

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



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.

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 ein Luftton 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.

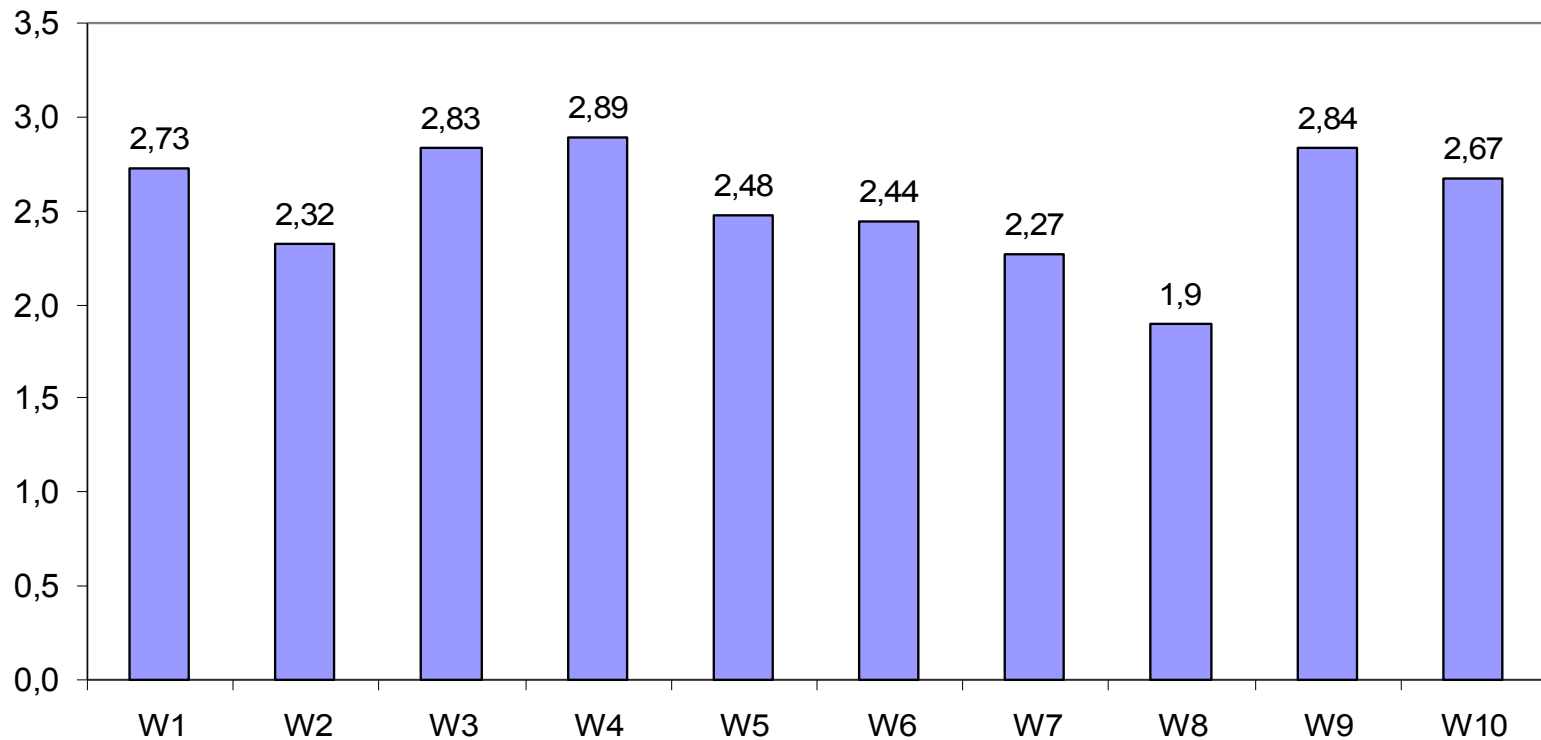
Kalkulationsbasis des im Kopfraum enthaltenen Sauerstoffs::

$$1 \text{ mL Luft} = 0,208 \text{ mL O}_2; 1 \text{ mL O}_2 = 1,4 \text{ mg O}_2$$

Nennvolumen der Flasche (mL)	375	750	1000	1500
Sauerstoff (mg O ₂) im Kopfraum bei 15 mL Kopfraum	2,20	2,20	2,20	2,20
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)	3,33	4,45	5,20	6,70
Gesamtmenge an Sauerstoff umgerechnet auf mg / L Wein	8,00	5,93	5,20	4,47

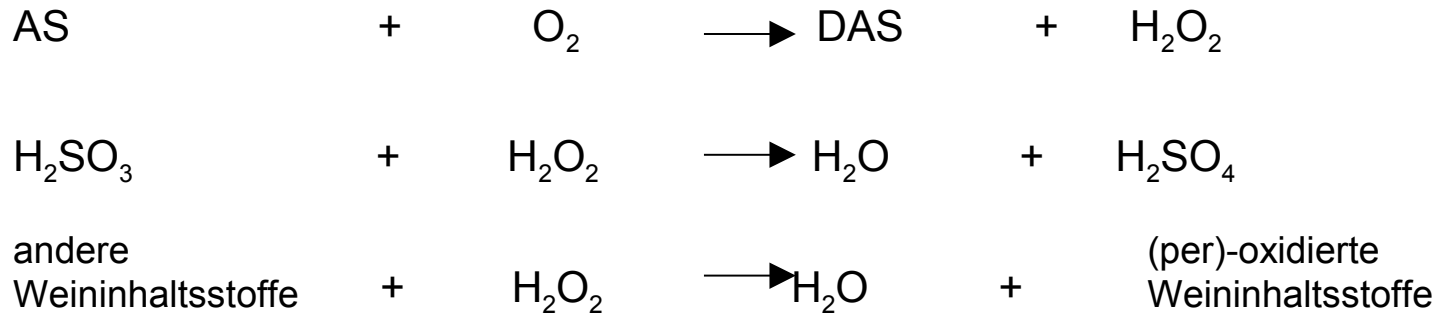
Je kleiner die Flasche, desto größer ist der Einfluss des Kopfraums auf den Wein.

Verlust von SO_2 pro 1 mg O_2 bei der Umsetzung von 10 mg/L O_2 in 50 Tagen bei zehn verschiedenen Weißweinen (stöchiometrisch maximaler Wert = 4 mg SO_2 pro 1 mg O_2)



Nach den Regeln der Stöchiometrie führt 1 mg/L O_2 zur Oxidation von 4mg/L SO_2 . In realen Weißweinen beträgt dieser Verlust jedoch nur durchschnittlich 2,54 mg/L SO_2 . Der restliche Sauerstoff - 37 % - reagiert irreversibel mit anderen Weinhaltstoffen. In Rotweinen ist der Anteil des Sauerstoffs, der nicht mit SO_2 reagiert, noch zu spezifizieren..

Wirkung von Ascorbinsäure auf oxidative Alterung

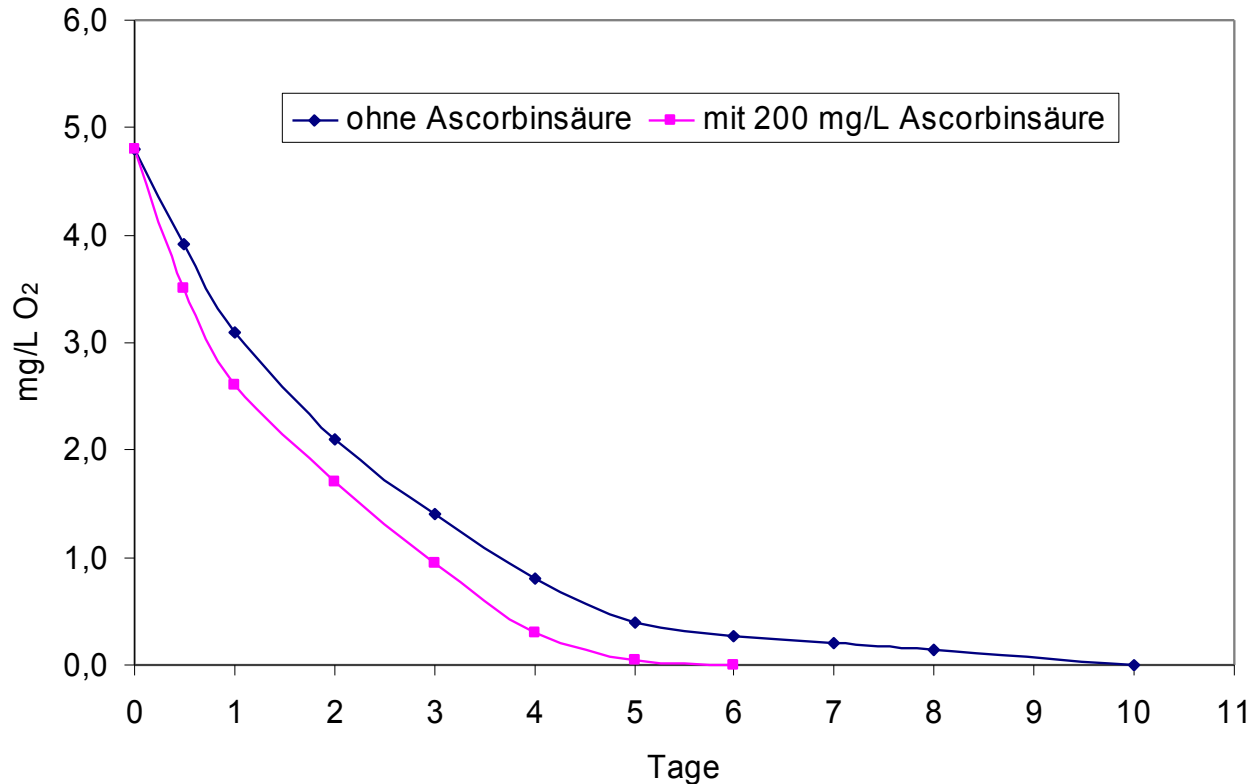


Ascorbinsäure beseitigt Sauerstoff nicht wirkungslos, sondern reduziert ihn nur spontan zu H₂O₂, welches auch bei der Oxidation des Weins (Phenole!) ohne Ascorbinsäure entsteht.

Ein geringer Anteil des H₂O₂ (< 10 %) wird nicht spontan durch SO₂ abgefangen, sondern reagiert mit anderen Weininhaltsstoffen → oxidative Alterung.

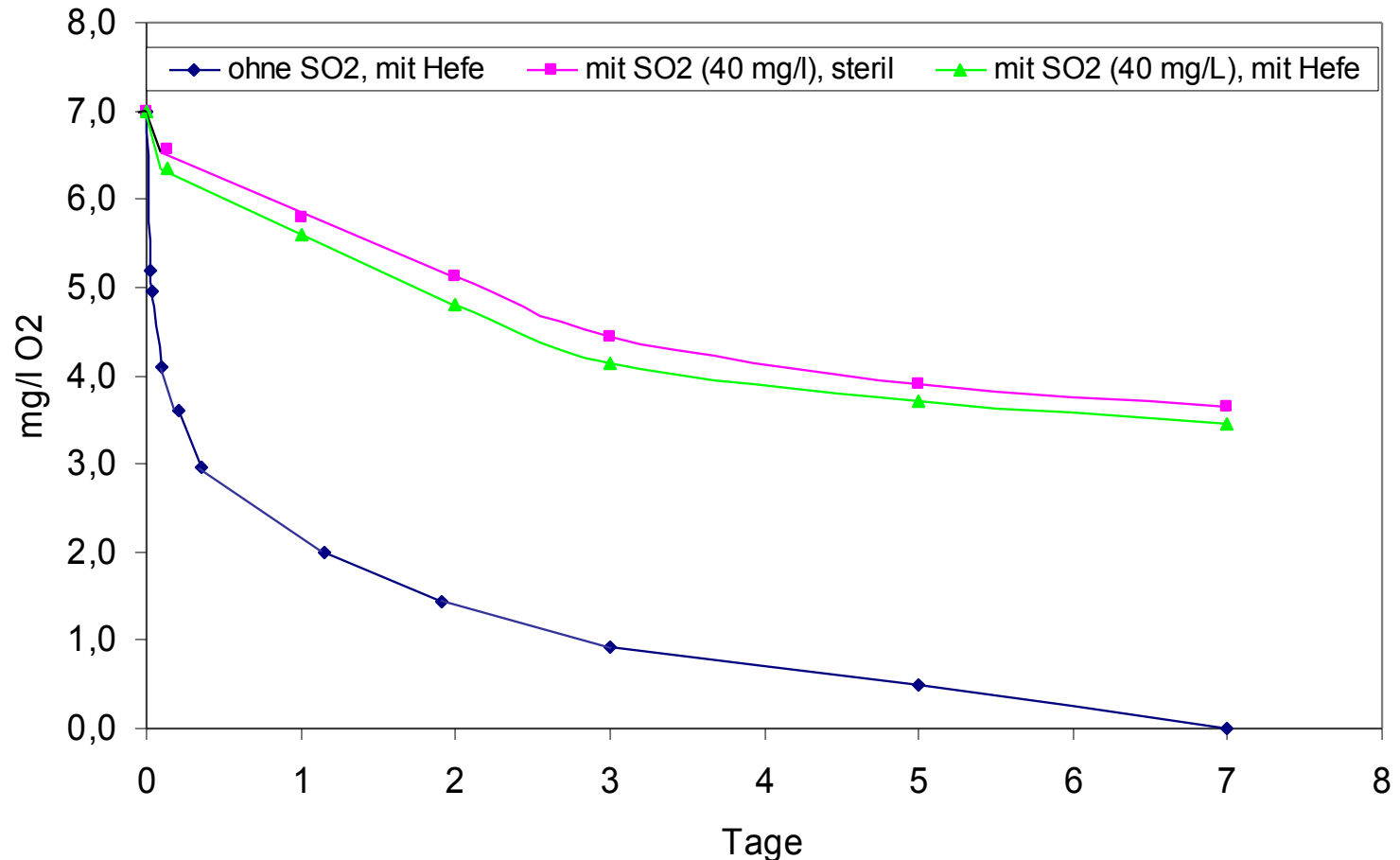
Ascorbinsäure vermindert nicht die oxidative Alterung, wohl aber den UTA.

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 unterbunden.

2.

Ursache von Aromaverlusten durch Behandlungen im Keller

3.1. Temperatur

3.2. Adsorption

- 2.1. Kohle
- 2.2. Bentonit
- 2.3. Filterschichten

3.3. Verdunstung

- 2.1. Hohlliegen
- 2.2. Umlagern
- 2.3. Belüftendes Umpumpen
- 2.4. CF-Filter mit offenem Vorlaufbehälter
- 2.5. Füllerkessel

3.4. Oxidation

- 4.1. Oberfläche
- 4.2. Umlagern
- 4.3. Flaschenverschluss

Allein der Verlust von Aroma ist auch eine Art der Alterung !

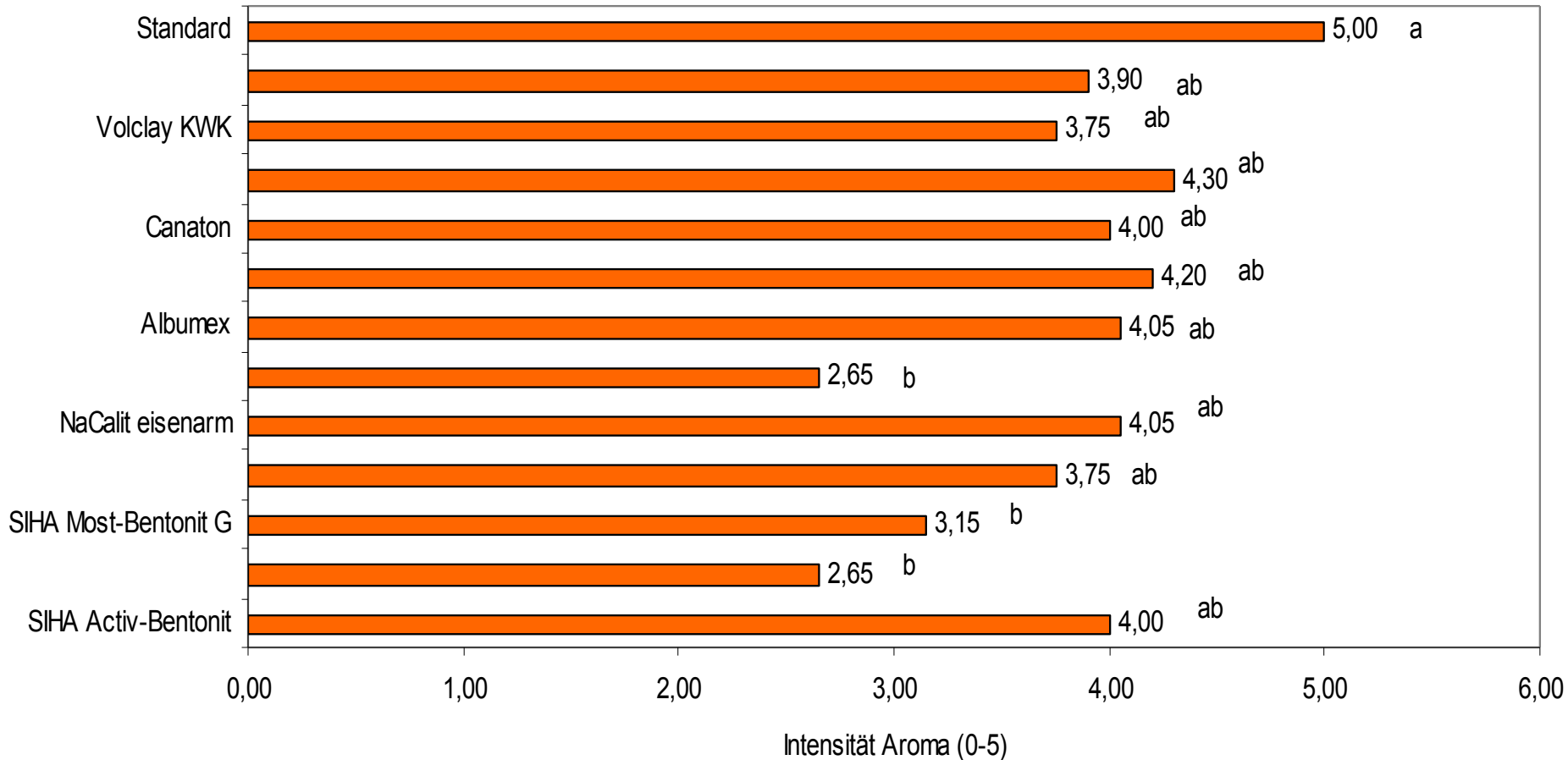
2.1. Temperatur

- **Alle Arten der Alterung werden durch Wärme wesentlich beschleunigt.**
- **Ein warmes Flaschenlager (20° C, mehrere Monate) bewirkt mehr Aromaverluste / Alterung als eine kurzzeitige Hitzebehandlung im geschlossenen System (KZE, 65°C / 30 sec).**
- **Gängige Praxis in Europa: Maximierung von Aromen durch extrem niedrige Gärtemperaturen, systematische Zerstörung von Aromen durch unkontrolliert hohe Lagertemperaturen.**
- **Der Erhaltung von Aromen kommt die gleiche Bedeutung wie ihrer Erzeugung zu !**

2.2. Adsorption :

Adsorption von Aroma durch Bentonite

Weißburgunder, 200 g/hl Bentonit, Ansätze in Flaschen ohne Oberfläche, sensorische Bonitierung (Aromaintensität, 0-5) des geschönten Weins ohne weitere Behandlung.
Varianten mit gleichen Buchstaben = kein signifikanter Unterschied



Aromaverluste durch Adsorption (z.B. durch Bentonit) werden traditionell überschätzt, solche durch Temperatur, Verdunstung und Oxidation unterschätzt.

2.3.

Aromaverluste durch Verdunstung

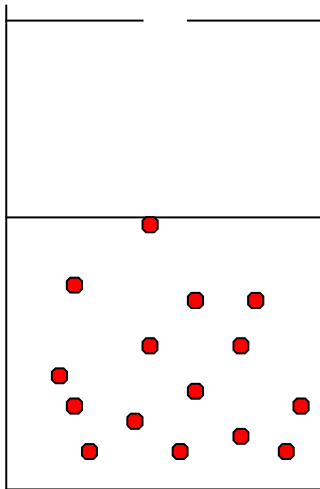
Aromaverluste durch Verdunstung

Bedeutung der Oberfläche

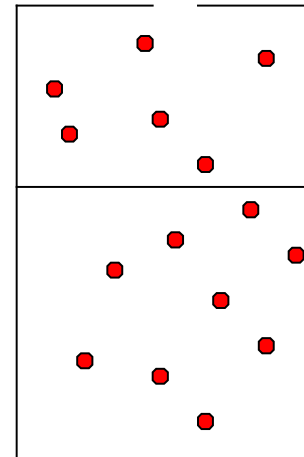
- **Alle dem Geruchssinn zugängliche Moleküle sind mehr oder weniger flüchtig.**
- **Die Flüchtigkeit führt zu einer Verdunstung, sofern eine Oberfläche vorliegt.**
- **Die Verdunstung steigt mit der Weintemperatur.**
- **Bei turbulenter Oberfläche (Rühren!) ist die Verdunstung um ein Vielfaches höher als bei statischer Oberfläche (Lagergebände).**
- **Effekt der Verdunstung potenziert sich, wenn bei Behandlungen und Umlagerungen gleichzeitig CO₂ entweicht (Prinzip der Gaswäsche).**

Die Minimierung der Verdunstung durch Vermeidung von Weinoberfläche ist keine wissenschaftliche Aufgabe, sondern erfordert handwerkliche Erfahrung in der Kellertechnik.

Verdunstung von Aromen in Kopfraum bei nicht randvoller Lagerung



Tag 0



Tag X

Die Verdunstung von Aroma in den Kopfraum folgt dem Konzentrationsgefälle so lange, bis der Konzentrationsausgleich zwischen flüssiger und gasförmiger Phase erreicht ist. Dies geschieht unabhängig von der Art des Gases im Kopfraum (Luft vs. Inertgas).
Überlagerung mit Inertgas verhindert Oxidation, jedoch nicht Verdunstung!

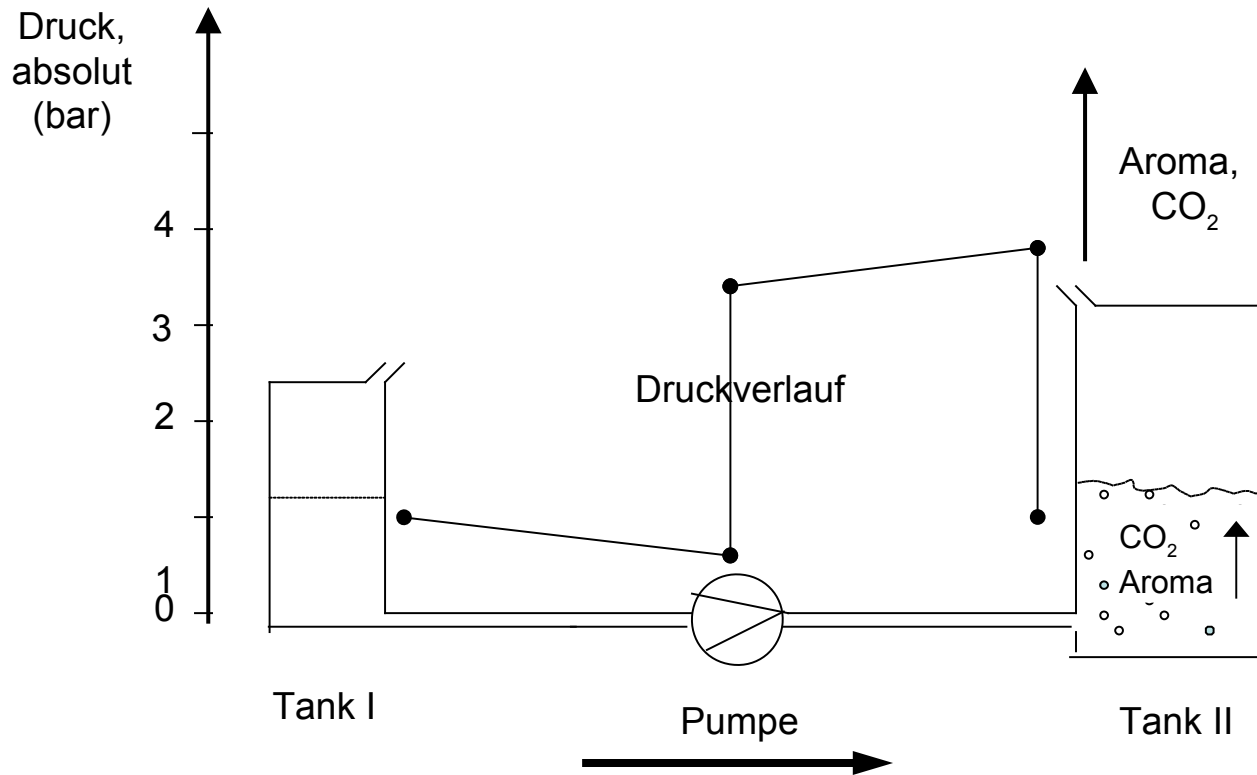
Weinoberfläche in der kellertechnischen Praxis

Eine Oberfläche liegt vor:

- In nicht randvoll befüllten Behältern. Nicht das Volumen des Kopfraums in Ltr. oder cm ist entscheidend, sondern die Größe der Oberfläche (m^2) im Verhältnis zum Weinvolumen (hl).
- Beim Umlagern (Pumpen) des Weins, sofern die Leitungen nicht über ihren gesamten Querschnitt mit Flüssigkeit befüllt sind bzw. Gassäcke enthalten.
- Beim "Stürzen" des Weins durch Luft (Befüllen der Gebinde von oben)
- In Geräten wie Füllkessel beim Abfüllen, Pufferbehältern usw.

Schonende Weinbehandlung impliziert eine Minimierung des Auftretens von Oberflächen durch rechtzeitiges und konsequentes Beifüllen sowie die Vermeidung von Behandlungen, die zu prozessbedingten Oberflächen führen.

Druckverlauf beim Umlagern durch Pumpen Entspannung und CO₂-Verluste



Der prozessbedingte Verlust an CO₂ korreliert mit Aromaverlusten durch Verdunstung. Schonende Weinbehandlung → Erhalt von Gärungskohlensäure.

Zusammenfassung: Verdunstung

- **Bedeutung von Größe der Oberfläche (im Verhältnis zum Weinvolumen), Art der Oberfläche (statisch vs. turbulent) und Weintemperatur.**
- **Verdunstung von Aroma korreliert mit der Entbindung von natürlicher CO₂.**
- **Wenn Aroma über die Weinoberfläche verdunstet, tritt in umgekehrter Richtung auch atmosphärischer Sauerstoff in den Wein.**

2.4.

Aromaverluste durch Aufnahme von Sauerstoff

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.**

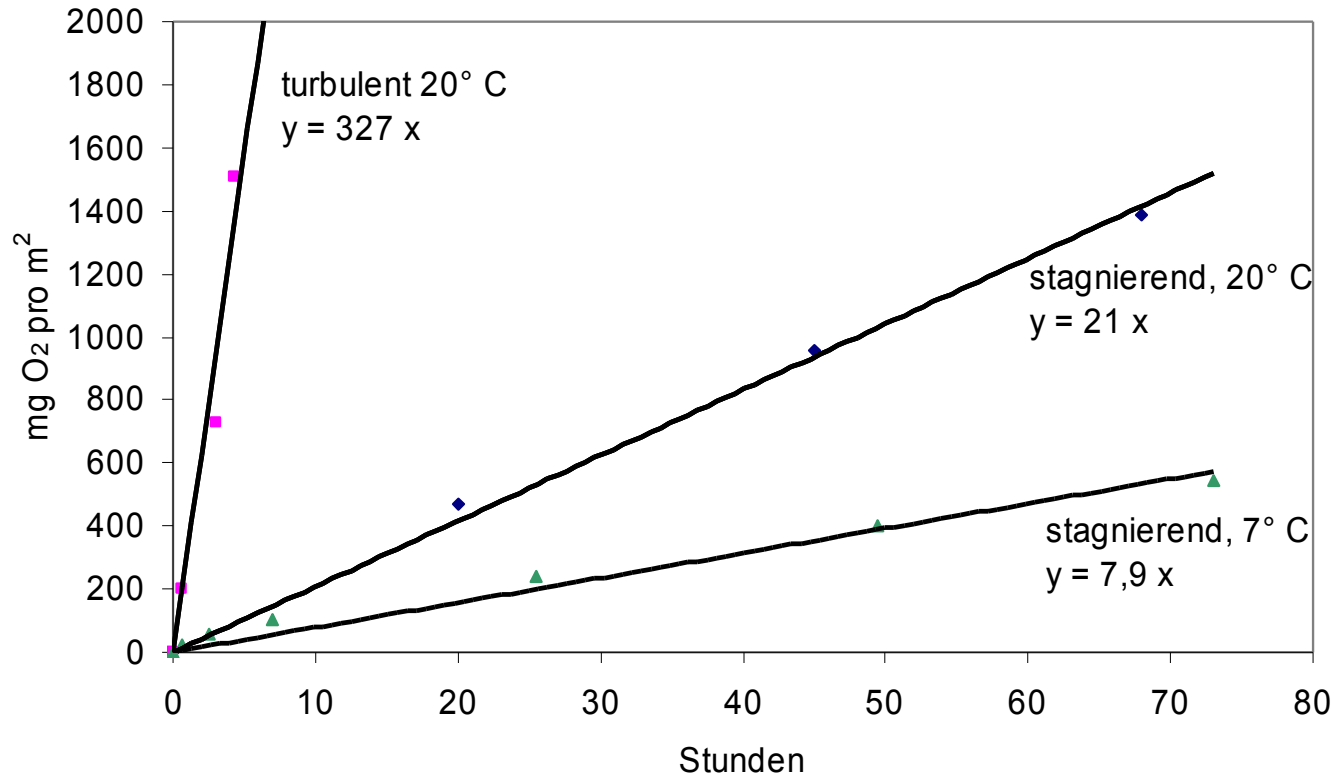
Abhängigkeit der Löslichkeit des Sauerstoffs von der Temperatur, bei Normaldruck

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 ist. Gegenüber einer ruhenden Oberfläche ist die Sauerstoffaufnahme über eine turbulente Oberfläche um ein Vielfaches höher.

**Zusammenfassung:
Koeffizienten des Sauerstofftransfers über die Weinoberfläche,
in $\text{mg} / \text{m}^2 \cdot \text{Tag}$**

~ : 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. Dadurch wird der Effekt der besseren Löslichkeit zunichte gemacht.

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

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.

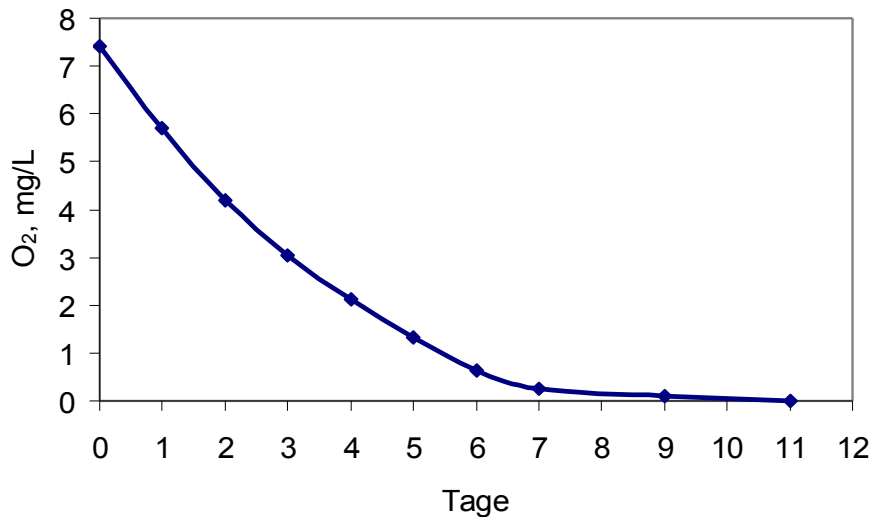
2 Reaktionsmodelle :

- 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.

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.
- 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.

3.

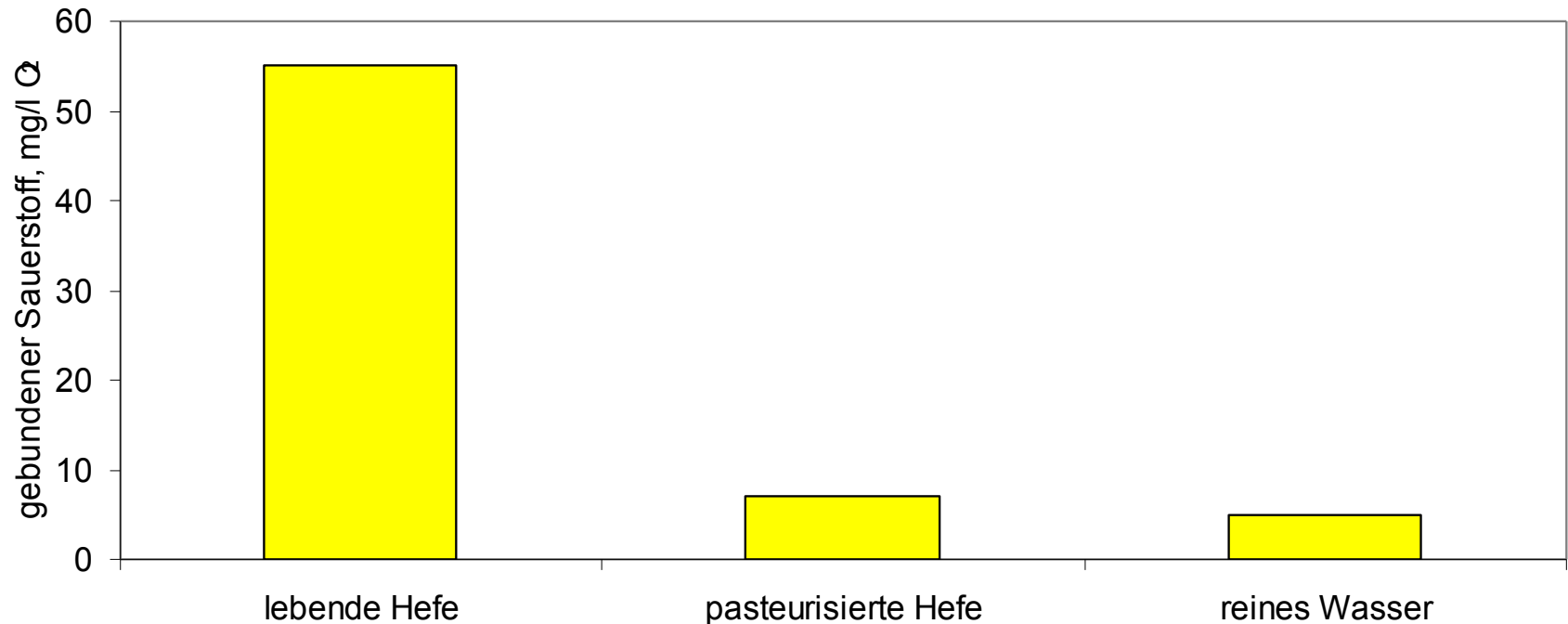
**Optimierung der Qualität fruchtiger Weißweine
durch schonende Weinbehandlung**

3.1.

Die Wirkung der Hefe nach der Gärung

Zehrung von Sauerstoff (mg/L O₂ in 80 h) durch Hefe

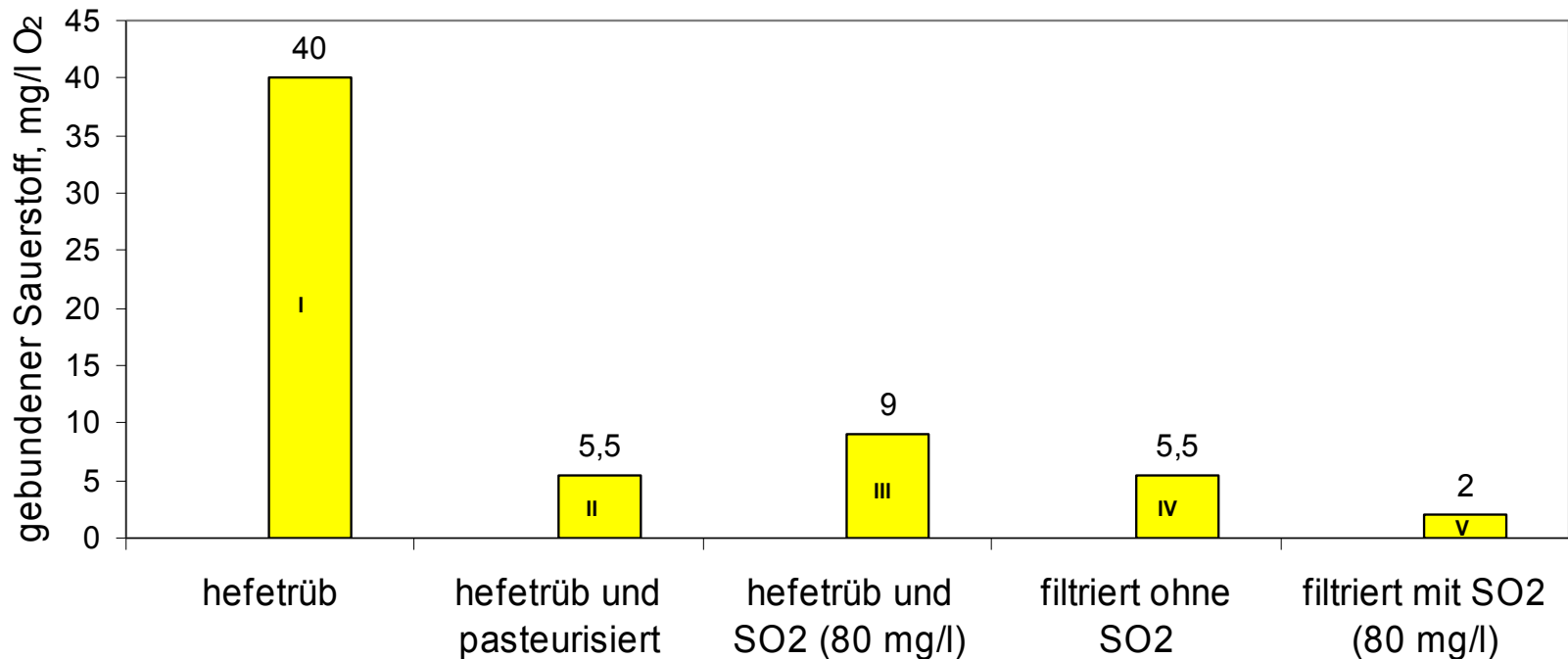
nach Isolierung aus frisch vergorenem Most und Auflösung in identischem Volumen Wasser. Werte manometrisch ermittelt bei nicht limitiertem Sauerstoffangebot.



Nach der Gärung ist die Hefe in der Lage, auf enzymatischem Wege große Mengen von Sauerstoff zu absorbieren. Cf. BSB in Abwasser !

Zehrung von Sauerstoff (mg/L O₂ in 105 h) durch Hefe

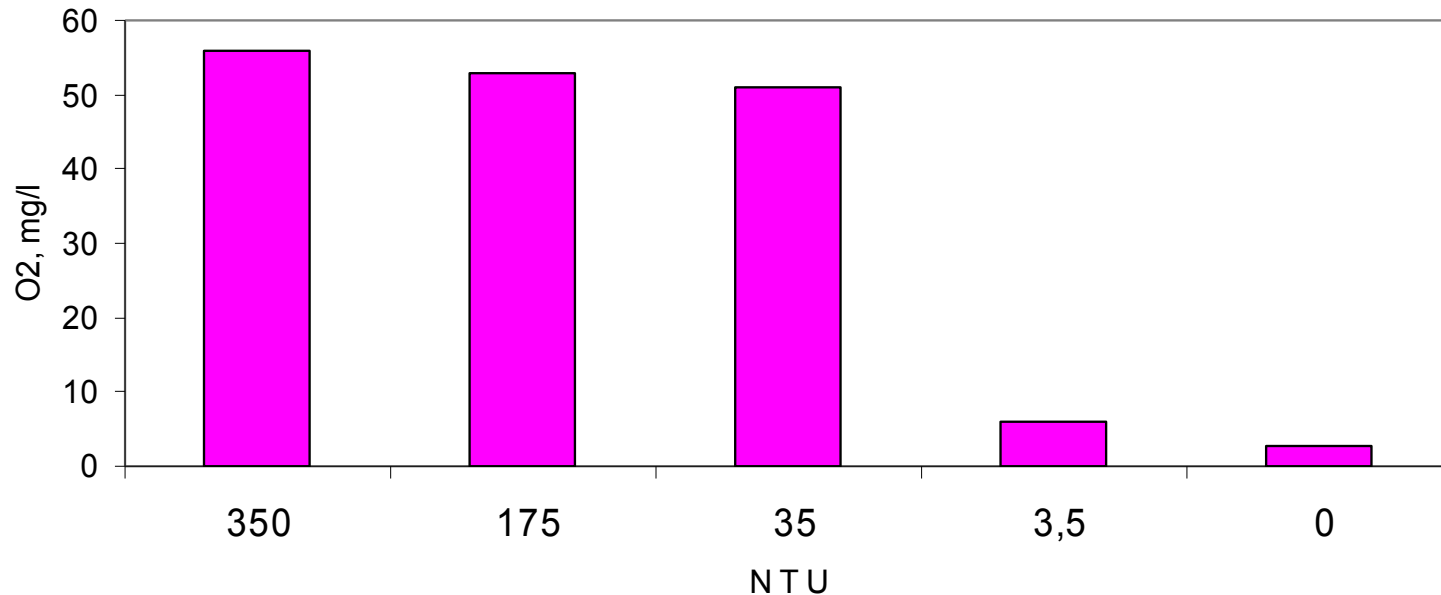
in einem jungen Weißwein zwei Wochen nach der Gärung in Abhängigkeit von Feinhefe, Filtration, SO₂ und Pasteurisation bei nicht limitiertem Sauerstoffangebot.



Schwefelung des Jungweins reduziert die O₂-zehrende Wirkung der Feinhefe, Filtration hebt sie völlig auf.

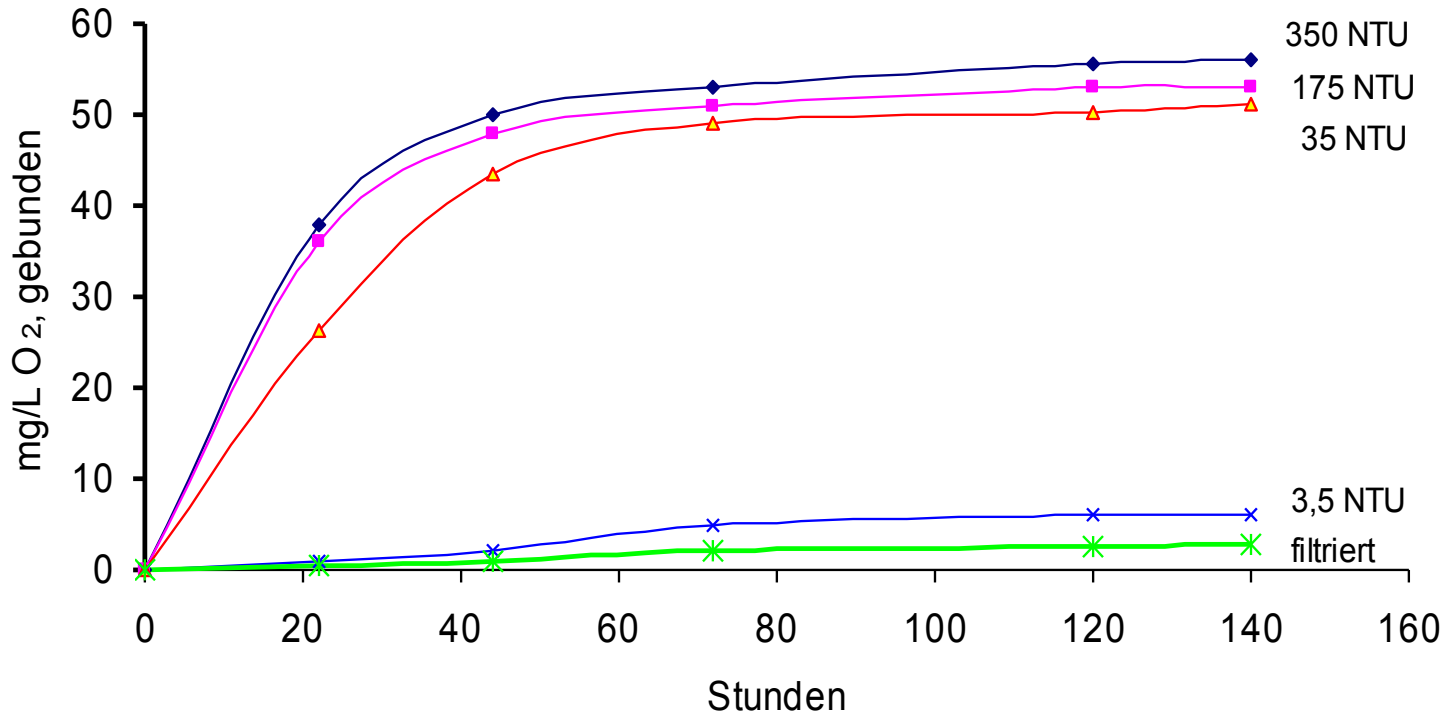
Zehrung von Sauerstoff (mg/l O₂ in 100 h) durch Hefe

in einem ungeschwefelten jungen Weißwein in Abhängigkeit von Trübungsgrad bzw. der Hefezellzahl bei nicht limitiertem Sauerstoffangebot.



Bereits geringe Mengen an suspendierter Feinhefe (35 NTU, Opaleszenz !) genügen zur Aufrechterhaltung ihrer O₂-zehrenden Wirkung.

Verlauf der Sauerstoffzehrung (mg/L O₂) durch Feinhefe in Abhängigkeit von Trübungsgrad in einem jungen, ungeschwefelten Weißwein bei unbeschränktem Sauerstoffangebot, zwei Wochen nach Ende der Gärung

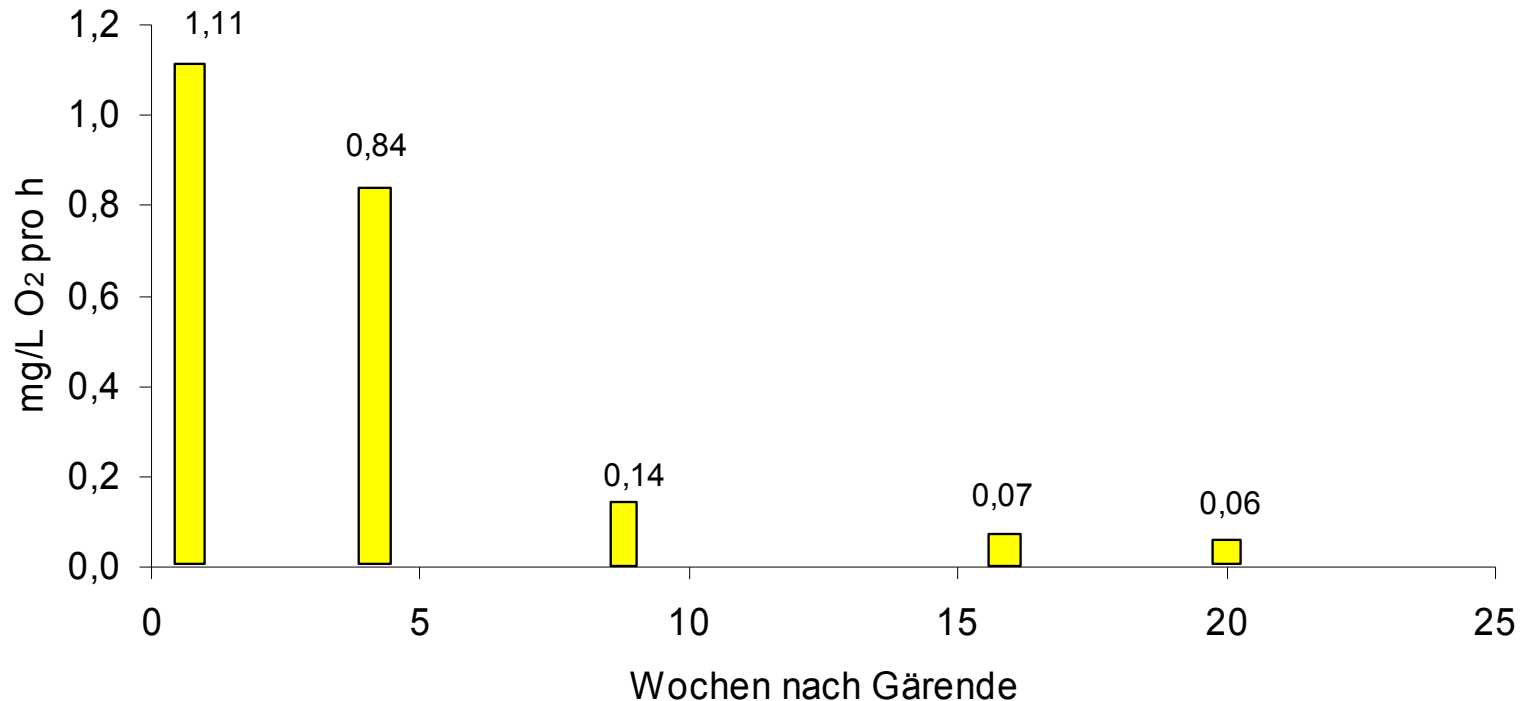


Unfiltrierte Jungweine (35 NTU):

Nach der Zehrung von ca. 45 mg/L O₂ (fünffache Sättigung!) flacht die Kurve ab; die Kapazität der Hefe zur Sauerstoffzehrung ist erschöpft.

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

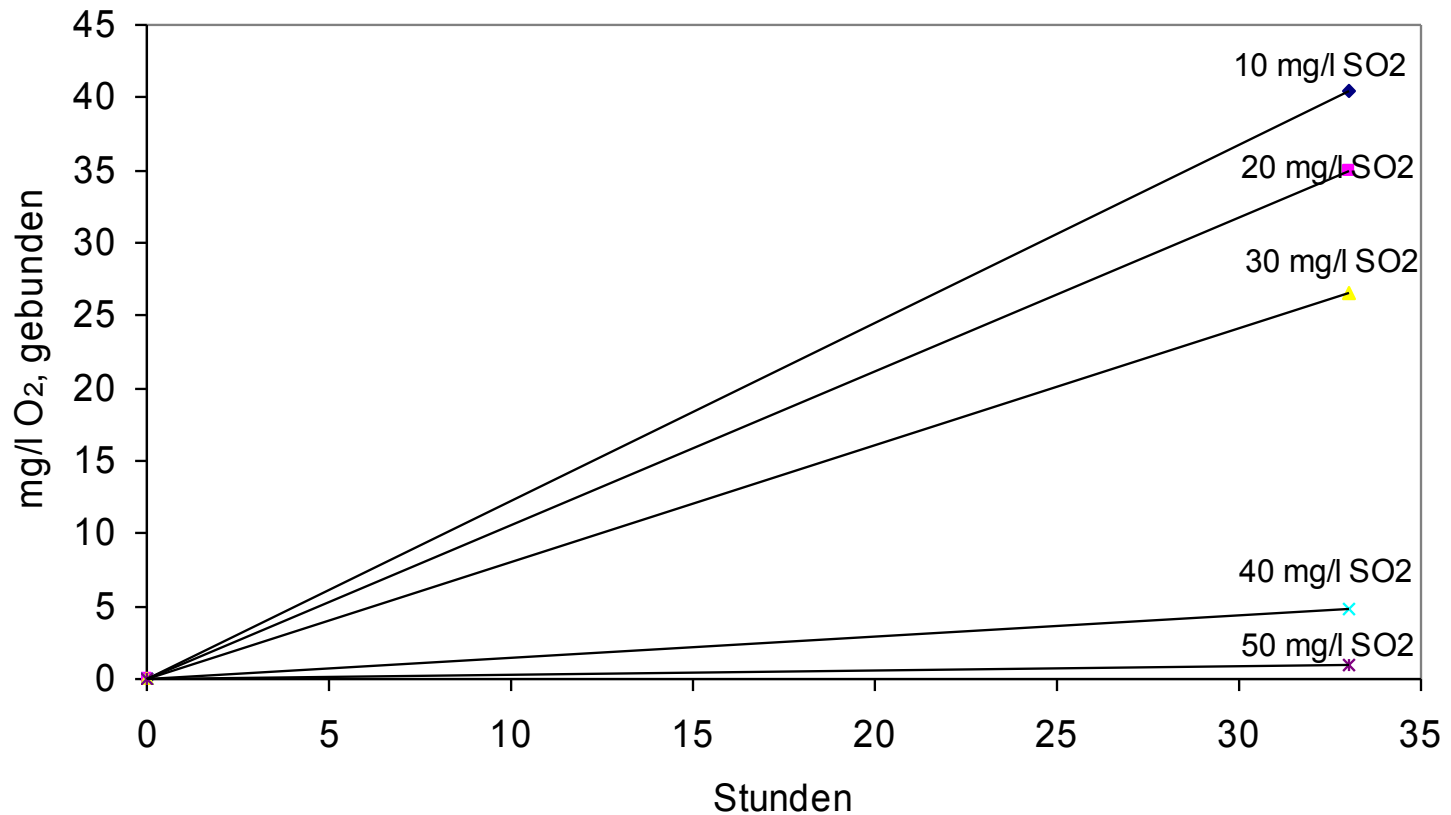
(Lalvin V 1116; 50 NTU; pH 3,3; 12 % Ethanol; keine SO₂)



Im ersten Monat nach der Gärung ist die O₂-Zehrung durch Hefe sehr stark. Danach ist sie immer noch in der Lage, 0,1 mg/L O₂ pro Stunde zu zehren.

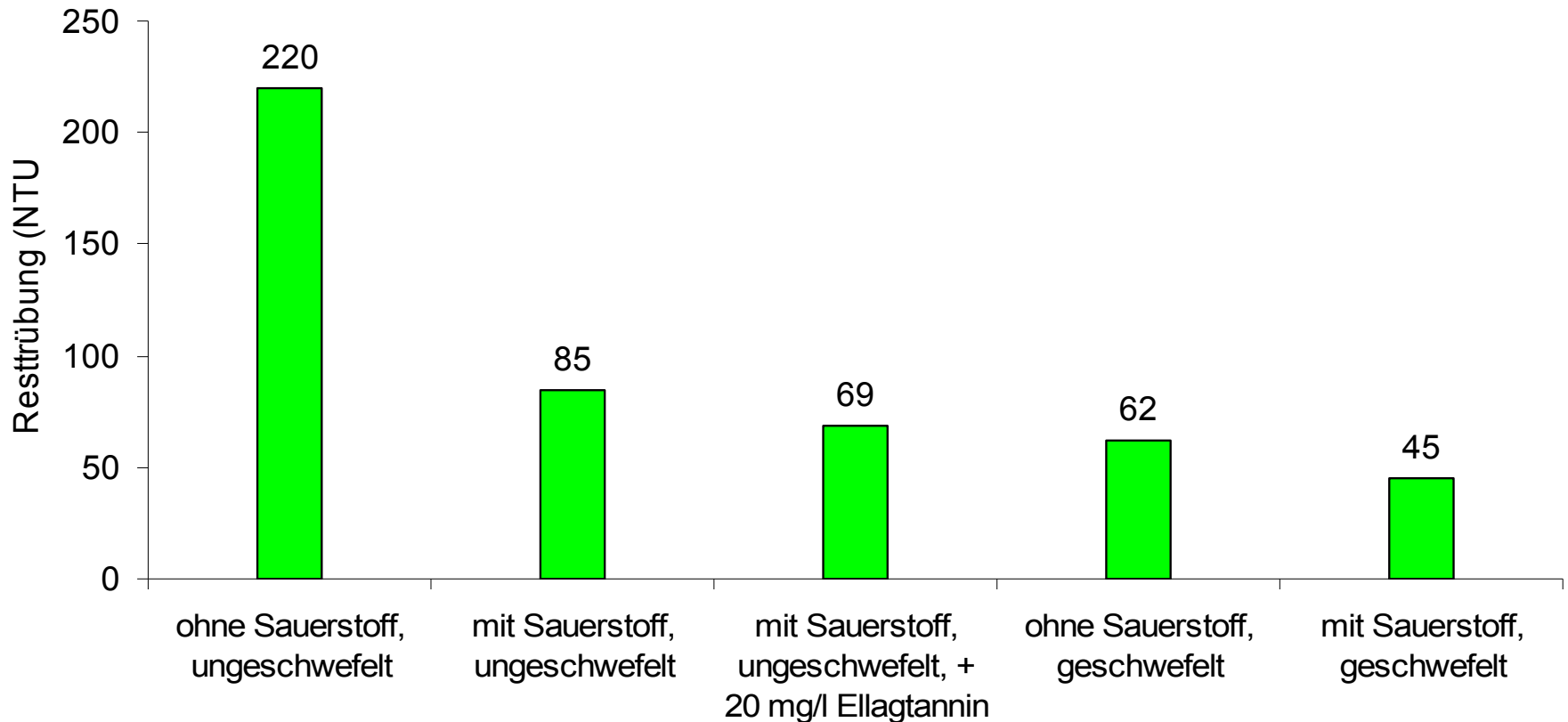
Verlauf der Sauerstoffzehrung durch Feinhefe in Abhängigkeit von der freien SO_2

(AWRI R2; 35 NTU)



Bei über 30 mg/L freier SO_2 nimmt die Sauerstoffzehrung der Hefe deutlich ab (Inhibierung der Enzyme).

Selbstklärung eines jungen Weißweins über 10 Tage in Abhängigkeit von Sauerstoffzufuhr und SO₂



Aufnahme von Sauerstoff verändert die Zellkonstitution der Hefe derart, dass sie schneller sedimentiert (raschere Klärung im Holzfass!). Schwefelung wirkt ähnlich.

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.

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

Zusammenfassung: Schutz vor Oxidation

- **Im Keller oder durch den Flaschenverschluss aufgenommenen Sauerstoff wird nur zu 60-70 % durch freie SO_2 abgefangen; der Rest reagiert mit anderen Weinhaltstoffen → oxidative Alterung.**
- **Bei der Reduktion des Sauerstoffs fallen Sauerstoffradikale und Peroxide an, welchen die eigentlichen Oxidanten darstellen.**
- **Ascorbinsäure eliminiert keinen Sauerstoff, sondern überträgt ihn nur spontan auf andere Weinhaltstoffe via H_2O_2 .**
- **Ascorbinsäure eignet sich nicht zur Verringerung der oxidativen Alterung, sondern nur zur Vermeidung von UTA.**
- **Die nach der Gärung suspendiert vorliegende Feinhefe ist ein starkes Reduktionsmittel und vermag erhebliche Mengen von Sauerstoff zu zehren, der so zur Oxidation von Weinhaltstoffen nicht mehr zur Verfügung steht.**
- **Filtration entfernt den Oxidationsschutz durch Hefe.**
- **Evtl. notwendige Schönungen sind vor der Filtration durchzuführen, um eingetragenen Sauerstoff durch Feinhefe zu entfernen.**

Eigenschaften der Feinhefe

1. Oxidationsschutz ✓
(nur durch in Schwebelage befindliche Hefezellen, wenig abhängig von Menge der Hefe)
2. Adsorption von Schwermetallionen (Cu bei Böckserbehandlung!)
(nur durch in Schwebelage befindliche Hefezellen, stark abhängig von Menge der Hefe)
3. Adsorption von gerbenden Phenolen
(nur durch in Schwebelage befindliche Hefezellen, stark abhängig von Menge der Hefe)
4. Sekretion von Mannoproteinen (→ Mundfülle, Schutzkolloide)
(durch suspendierte und sedimentierte Hefe, stark abhängig von Menge der Hefe)
5. Sekretion von Aminosäuren, u. a. reduzierende Aminosäuren
(durch suspendierte und sedimentierte Hefe, stark abhängig von Menge der Hefe)

Ein geschmacklicher Effekt "sur lie" durch Anreicherung hefebürtiger Mannoproteine tritt nur bei sehr hohen Hefemengen auf (Verzicht auf Abstich).

3.2.

Die Frage nach Abzug und Filtration

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.**

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

Die Frage nach dem Abzug

- **Eine scharfe Mostvorklärung (< 50 NTU) entfernt Schmutz : Fragmente aus Zellgewebe, Rückstände von Fungiziden, Erdreste, Schwermetalle, Vorläufer von Gerbstoffen, Vorläufer von Bocksern, 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.**

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

Önologie fruchtiger Weißweine

Ziel:

- Minimalbehandlung des Weins :
 - weitgehende Selbstklärung,
 - möglichst kein Abstich,
 - möglichst keine Schönung
- kellertechnische Eingriffe nur in Funktion des Einzelfalls
- kein "psychologischer" Handlungsbedarf / Aktionismus
- → kontrolliertes Nichtstun.

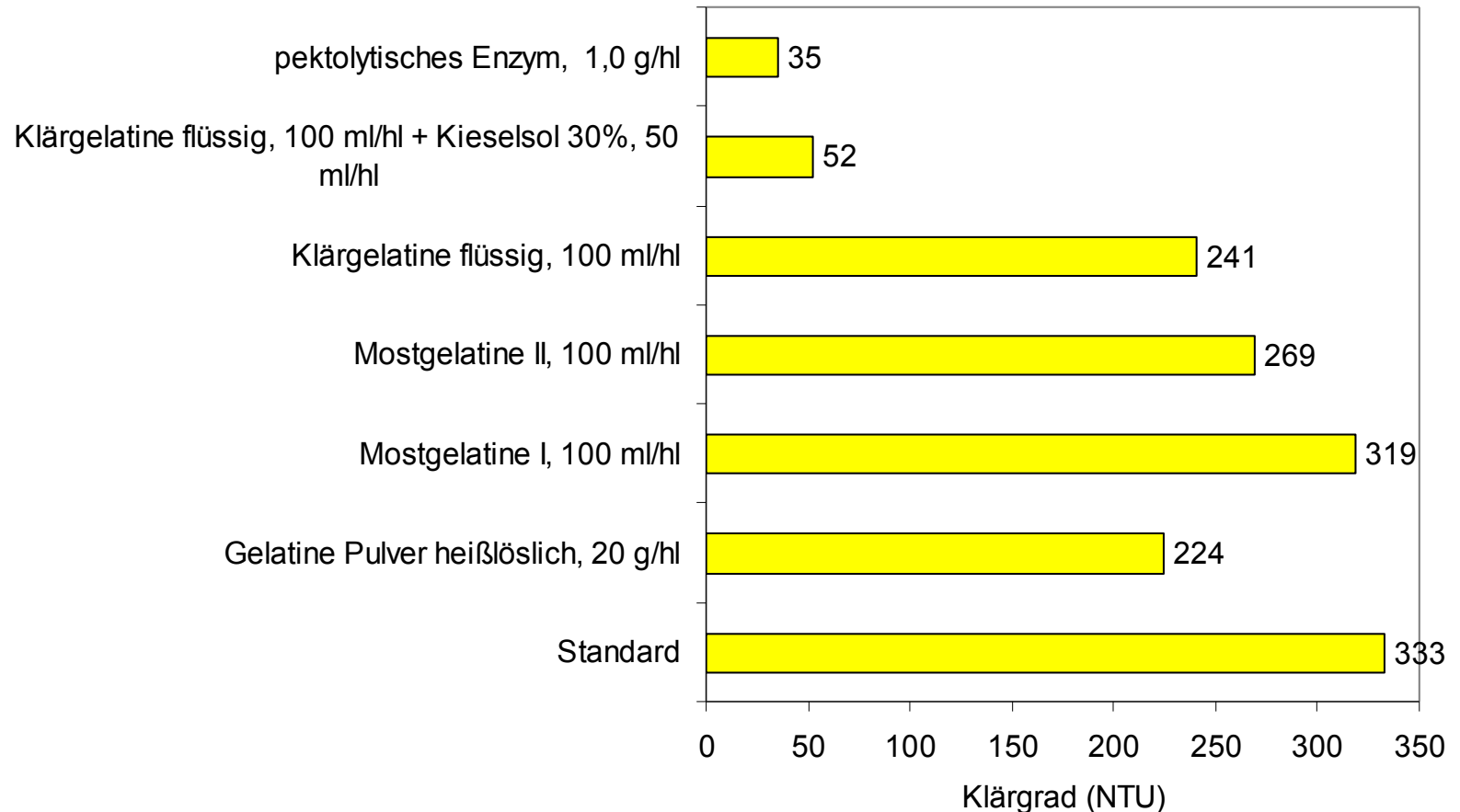
Voraussetzungen:

- Schönungen (Bentonit) bereits im Most
- scharfe Mostvorklärung
- Resttrub 20-50 NTU
- Nicht das Verfahren der Mostvorklärung, sondern der erzielte Klärgrad (Resttrub) ist entscheidend !

Eine weinschonende Minimalbehandlung stellt hohe Anforderungen an die Mostbehandlung.

Klärgrad (NTU) des sedimentierten Mostes nach der Behandlung mit diversen Gelatinen und pektolytischem Enzym.

Mittelwerte aus zwei Mosten.



Flüssige Mostgelatine zur Sedimentation ist annähernd wirkungslos. Entscheidend ist die Enzymierung.

3.3.

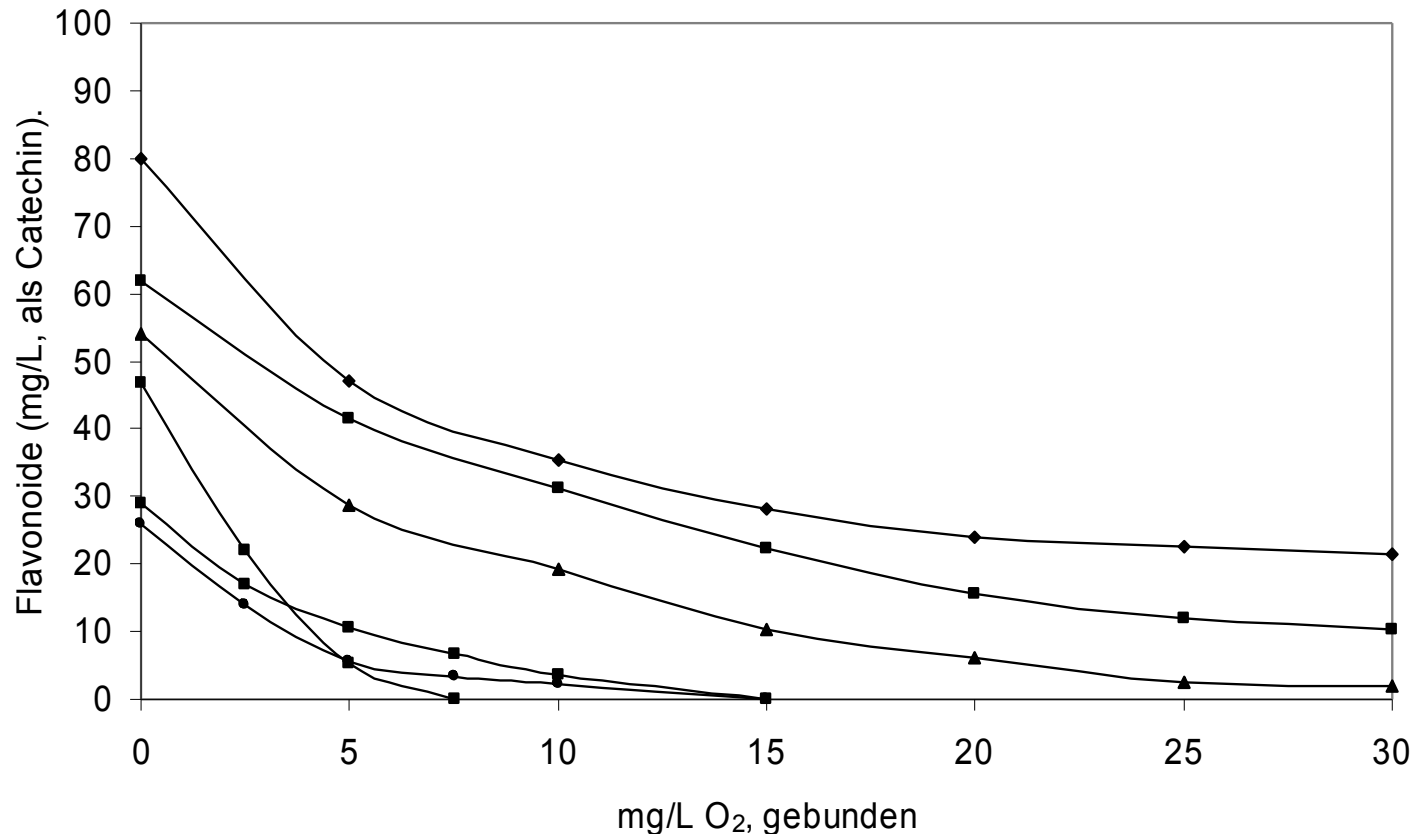
Fragen zur Reduktivität der Mostverarbeitung

Reduktiv oder oxidativ ?
Mit SO₂ oder mit Sauerstoff ?

Oder:

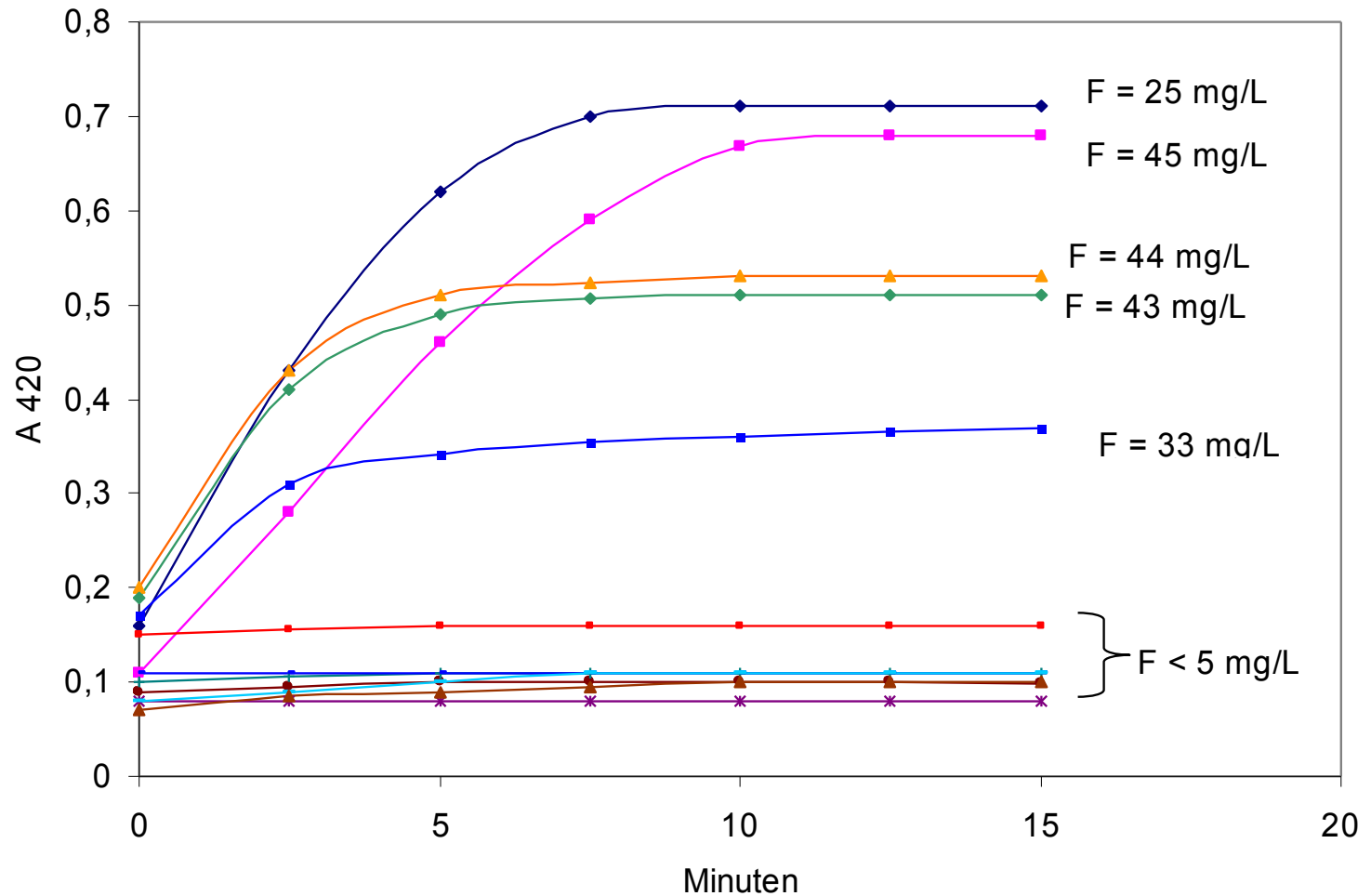
Warum die Oxidation des Mostes die oxidative Alterung
des Weins verringert.

Fällung flavonoider Phenole während der Oxidation ungeschwefelter Moste in Abhängigkeit von der Menge des gebundenen Sauerstoffs



Nehmen ungeschwefelte Moste Sauerstoff auf, wird dieser durch PPO auf flavonoide Phenole übertragen. Durch Oxidation polymerisieren sie, werden unlöslich, fallen aus und werden im Rahmen der Mostvorklärung abgetrennt.

Farbentwicklung (A 420) ungeschwefelter junger Weißweine in Abhängigkeit von Gehalt an flavonoiden Phenolen (F, in mg/L Catechin)



Bräunung ist ein Zeichen tiefgreifender oxidativer Veränderungen. Weißweine ohne flavonoide Phenole (< 5 mg/L) bräunen nicht.

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.**

Unterschiede zwischen Wein- und Mostoxidation

Mostoxidation

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

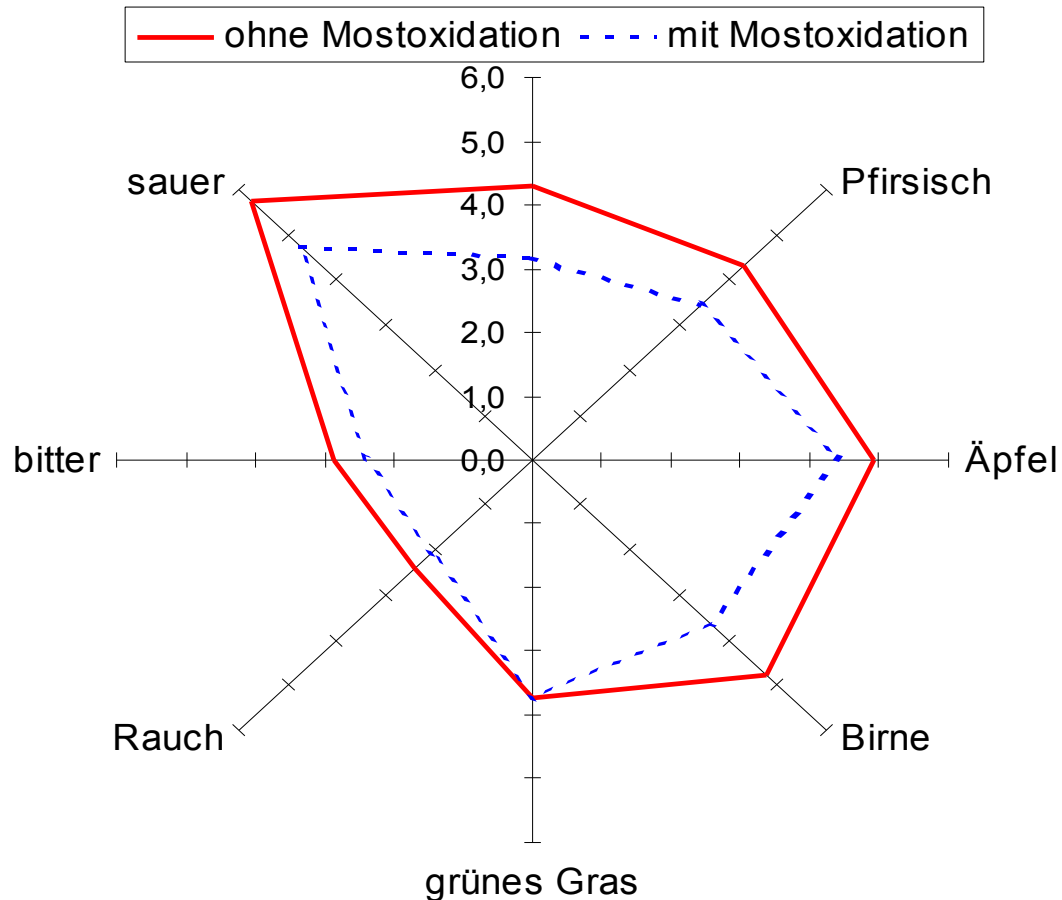
* Oxidiert-braune Moste gewinnen nach Filtration ihre grün-gelbe Farbe zurück → Bräunung wird durch ausgeflockte Feststoffe hervorgerufen.

Weinoxidation

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

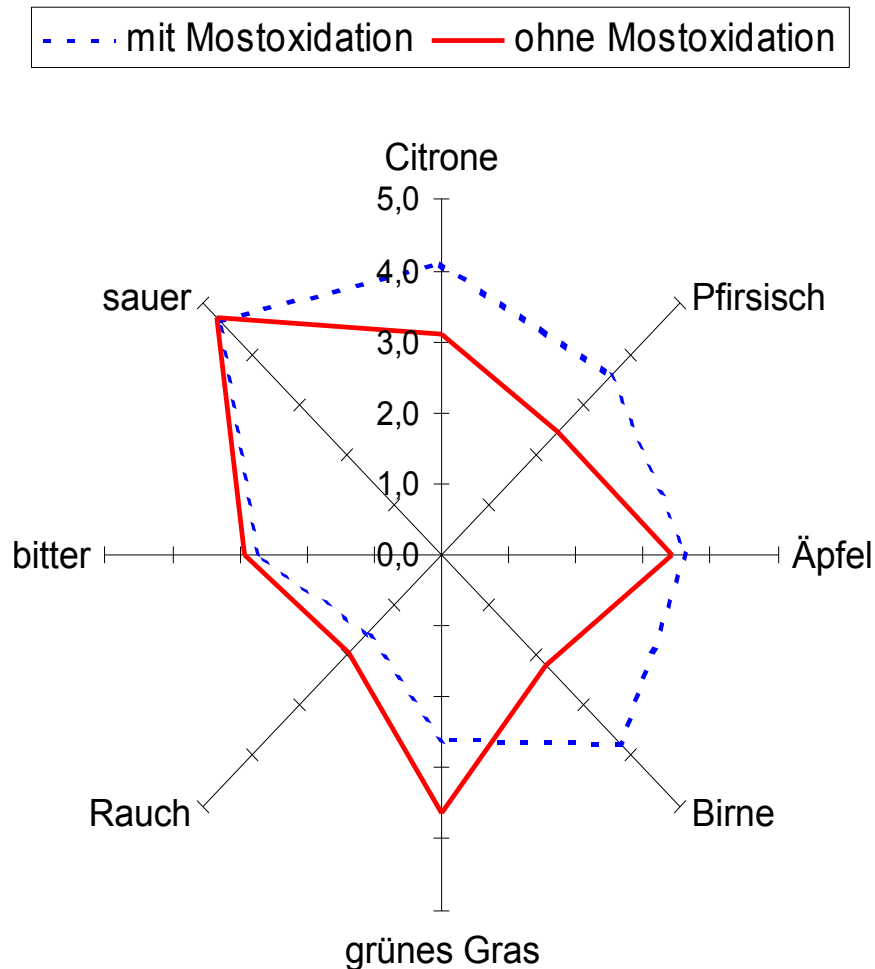
Die Oxidation des Mostes hat nichts mit der Oxidation des Weins zu tun und wirkt dieser sogar entgegen. Der oxidative Zustand des Mostes wird nach Eintritt der Gärung durch die Reduktionskraft der Hefe vollständig aufgehoben.

Aromatik: Einfluss der Mostoxidation auf die sensorische Bewertung von Riesling 5 Monate nach der Gärung



Die Mostoxidation kann im jungen Weinstadium zu einer etwas geringeren Intensität der Fruchtaromatik führen. Sie ist eine Investition in die Haltbarkeit des Weins.

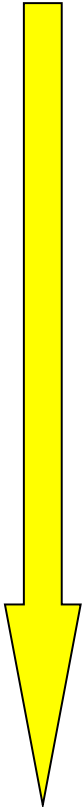
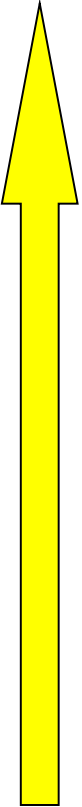
Aromatik: Einfluss der Mostoxidation auf die sensorische Bewertung von Riesling 16 Monate nach der Gärung



Während der Weinalterung kehren sich die Verhältnisse um; die mostoxidierten Varianten weisen nun eine intensivere Fruchtaromatik auf.

Ausnahme = Sauvignon blanc, da irreversible Oxidation von Thiol-Aromen.

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

 Oxidation vor Gärung	Hyper-Reduktion	Extremer Schutz vor Oxidation durch Anwendung von SO ₂ , Ascorbinsäure und Inertgas bei Maische, Pressung und Mostverarbeitung.	 Oxidative Alterung im Wein
	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.**

Technische Durchführung der Mostoxidation

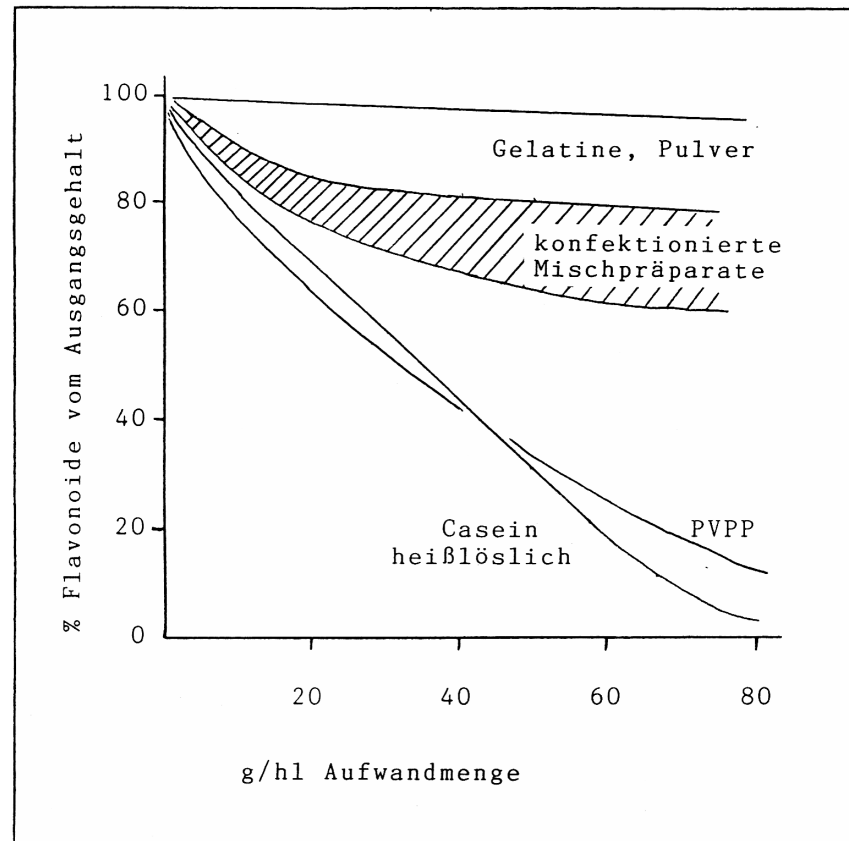
- Verzicht auf SO_2 vor der Gärung und passive Sauerstoffaufnahme, ca. 5 mg/L O_2 . Genügend bei nicht zu starker Flavonoidbelastung.
- Zufuhr von reinem Sauerstoff über Fritte (auch von Mikro-Ox-Anlage) im Batchverfahren (30-60 Min. pro Gebinde), ca. 10 mg/L O_2
- Zufuhr von reinem Sauerstoff mittels Durchfluss-Begasungseinheit, ca. 20 mg/L O_2
- Flotation mit Luft, (intensivste Form der Mostoxidation), ca. 42 mg/l O_2 , Verbindung von Mostoxidation und –vorklärung in einem Arbeitsschritt.

Die Mostoxidation funktioniert nur bei völliger Abwesenheit von SO_2 , sonst Inaktivierung der PPO.

Nach Abtrennung der ausgeflockten Phenole mit dem Mosttrub kann SO_2 eingesetzt werden.

Schlechte Vorklärung (>100 NTU) führt zu einer Rücklösung der ausgeflockten Flavonoiden im alkoholischen Milieu.

Minderung von Gerbstoff in Weißwein durch Schönungsmittel - Unterschiede



In Hinblick auf die Entfernung von Gerbstoffen und deren Vorläuferstufen ist die Mostoxidation spezifischer als alle Schönungen.

Nur PVPP und heißlösliches Casein (in-line-Dosierung, Dosierpumpe) entfernen auch die momentan nicht schmeckbaren Vorläuferstufen späterer Gerbstoffe. Gelatine flockt mit Gerbstoffen in Weißwein nicht aus, sondern nur in Rotwein.

Zusammenfassung: Mostoxidation

- **Durch oxidative Mostverarbeitung werden Gerbstoffe und Katalysatoren der oxidativen Alterung durch substratspezifische enzymatische Reaktionen ausgefällt.**
- **Unter typisch deutschen / österreichischen Verhältnissen genügt dazu die passive Mostoxidation durch alleinigen Verzicht auf SO₂.**
- **Die Mostoxidation wirkt spezifischer zur Ausfällung von Gerbstoffen als alle Schönungsmittel.**
- **Aktive Oxidation nur erforderlich bei langer Maischestandzeit oder starker mechanischer Belastung des Leseguts.**
- **Die Mostoxidation bewirkt keine Qualitätsverbesserung im Jungwein, sondern verbessert die geschmackliche und aromatische Stabilität während der Lagerung.**
- **Weine aus oxidierten Mosten werden normal geschwefelt, keine wesentliche Möglichkeit zur SO₂-Einsparung.**
- **Die Mostoxidation wirkt nur gegen oxidative Alterung, nicht gegen andere Arten der Alterung wie UTA, Lagerböckser oder Petrolton.**
- **Reduktive Trauben- und Mostverarbeitung vermag kurzfristig aromatischere Weine zu erzielen, aber:**
- **Je reduktiver die Vinifikation, umso kurzlebiger der Wein (Altersfirne) durch Verlagerung der Oxidation vom Most- ins Weinstadium.**

Mostoxidation - Historie

1966:

Nachweis der Bedeutung flavonoider Phenole für die oxidative Alterung von Weißwein:
Rossi J. A., Singleton V. L.: Am. J. Enol. Vitic., 17, 231-239 (1966).

1974:

Nachweis der Oxidation von Alkohol zu Aldehyden durch gekoppelte Oxidation von ortho-Dihydroxyphenolen (Flavonoiden) und intermediäres Peroxid.
Wildenradth H.L., Singleton V.L.: Am. J. Enol. Vitic., 25, 119-226 (1974).

1977:

Erste Berichte über Mostoxidation in Deutschland.
Müller-Späth, H.: Weinwirtschaft 113, 144-157 (1977).

1981:

Erste Berichte über Mostoxidation in Italien und Übersee.
Guerzoni M.E. et al.: Food Technol. Austral. 33, 442-446 (1981).

1996:

Nachweis intermediär gebildeter Peroxide bei der Oxidation von Wein.
Vivas N., Glories Y.: Am. J. Enol. Vitic., 47, 1, 103-107 (1996).

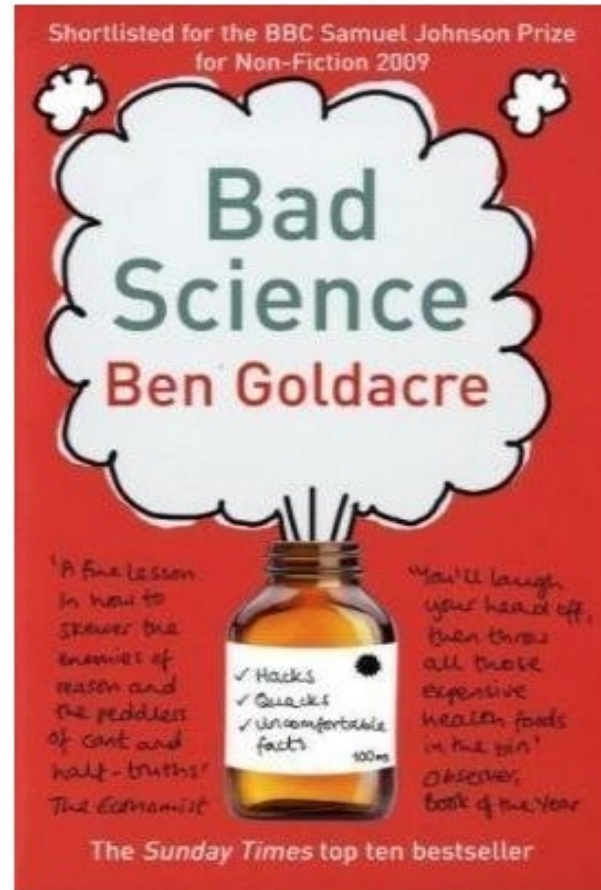
1998:

Abschließender Review-Artikel über Mostoxidation.
Schneider V.: Am. J. Enol. Vitic., 49, 1, 65-73 (1998).

ab 2004:

Gezielter Einsatz der Flotation mit Luft in Deutschland → Banalisierung und Akzeptanz der Mostoxidation

Wie man wissenschaftliche Daten dem Bedarf anpassen kann.
Oder: Wie Mythen zu Realitäten gemacht werden.



Esoterik und Emotionen sind der Feind der exakten Naturwissenschaft.