



Identifizierung und Quantifizierung des Sauerstofftransfers in Weinfässern

Yang Qiu¹, Soizic Lacampagne¹, Marie Mirabel², Martine Mietton-Peuchot¹, Rémy Ghidossi¹

¹ Université de Bordeaux/ISVV/Unité de recherche CEnologie EA 4577/USC 1366/Inra/Bordeaux INP, 210 chemin de Leysotte, CS 50008, 33882 Villenave d'Ornon cedex, France
² Chêne & Cie, structure de R&D de la tonnellerie Taransaud, ZAC de la Garosse, 250 rue des droits de l'Homme, 33240 Saint-André-de-Cubzac, France

Aufgrund der besonderen physikalischen und chemischen Eigenschaften von Eichenholz finden im Fass sehr komplexe Übertragungsvorgänge statt. Dank der Entwicklung eines neuartigen Gas-Flüssigkeitspermeameters konnten die Sauerstoffströme von einer zur anderen Seite einer Zelle gemessen und eine vollständige Materialbilanz für das Fass erzielt werden. Im Rahmen einer Doktorarbeit wurde gezeigt, dass der Sauerstofftransfer hauptsächlich zwischen den Fassdauben in Zonen mit geringem Druck stattfindet. Zudem wird die Sauerstoffzufuhr vorwiegend vom Prozess der Desorption bestimmt.

In dieser Studie¹ wurden die Versuche gemäß der folgenden Stoffbilanz durchgeführt:

O_2 , der durch die Dauben transportiert wird + O_2 , der über die Daubenzwischenräume übertragen wird + O_2 , der an der Fass-Spund-Grenzfläche einströmt + O_2 , der vom Eichenholz desorbiert wird = O_2 , der sich in Verbindungen befindet, die vom Holz extrahiert werden + O_2 , der vom Wein verbraucht wird + Rest- O_2 .

Die Gesamtsauerstoffzufuhr wurde bereits in mehreren Studien bestimmt und beträgt etwa 20 bis 27 mg·L⁻¹·Jahr⁻¹. Es gibt jedoch noch keine Studie, in der eine vollständige Stoffbilanz durchgeführt wurde^{2,3}. Um den Sauerstofftransfer in die Fässer im Labormaßstab nachzubilden, haben wir ein neuartiges Permeameter entwickelt (Abbildung 1).

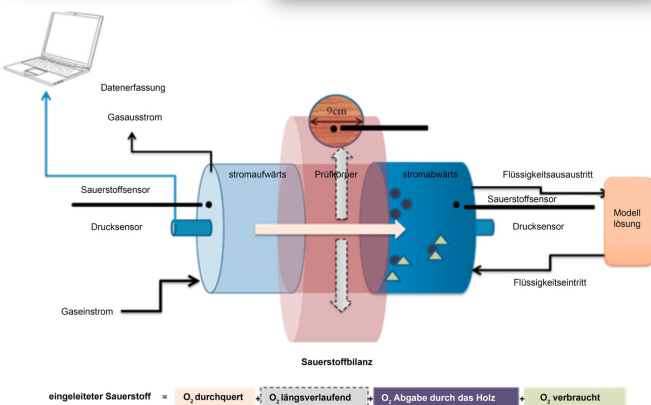
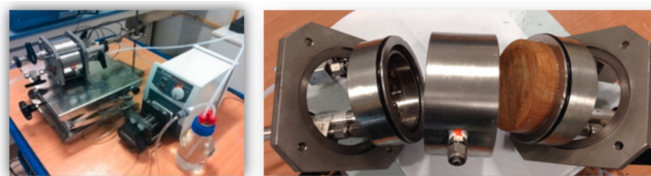


ABBILDUNG 1. Experimentelle Vorrichtung (Foto und Methodik) zur Quantifizierung des Gastransfers durch das Holz. Die Proben stammten von Fassdauben (unbeheizte Eiche, feine Struktur) aus der Kuferei Taransaud. Der Durchmesser betrug 9 cm mit einer Dicke von 2,3 cm, entweder im Ganzen oder halbiert, um die Kontaktfläche zwischen zwei Dauben nachzubilden.

Um die Bedingungen in unserer Vorrichtung zu reproduzieren, war es notwendig, die Drücke in den Daubenzwischenräumen zu messen. Kolorimetrische Druckmessfilme (Prescale) wurden an einem echten Fass angebracht, um bestehende Druckgradienten zu bestimmen.

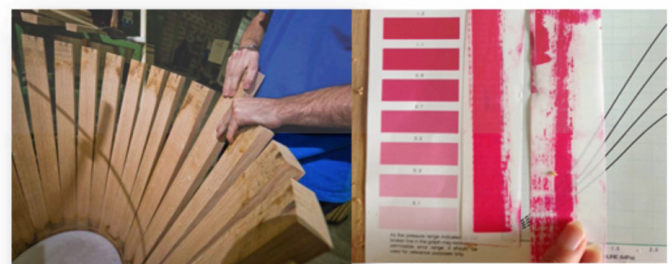


ABBILDUNG 2. Methodik zur Untersuchung des Daubenzwischenraum-Drucks. Diese Vorrichtung wurde speziell dafür entwickelt, um die Sauerstofftransferate über die Kontaktfläche zwischen den Dauben mithilfe eines Permeameters zu bestimmen. Ein Stück Eichenholzzaube wurde halbiert, und die beiden Hälften in einer Spannvorrichtung zusammengepresst.

Anhand der Rotstufen konnten die auf die Kontaktflächen der Dauben ausgeübten Kräfte ermittelt werden. Zur Messung des Gastransportes wurden mithilfe zweier Halbdauen und einer kalibrierten Spannvorrichtung die Drücke im Permeameter nachgebildet (Abbildung 2).

Die Messungen zeigten deutliche Druckunterschiede. Am Fassboden betrug der Druck an der Kontaktfläche zweier Dauben mehr als 20 Bar. Die an den einzelnen Dauben eines Fasses gemessenen Drücke reichten von 4 Bar in der Mitte bis zu 14 Bar an den Enden. Diese Daten wurden reproduziert und der Transfer von reinem Sauerstoff unter Verwendung von Voll- und Halbdauen, auf die ein bestimmter Druck ausgeübt wurde, gemessen. Reiner Sauerstoff wurde gewählt, um Gasesorptionsartefakte zu vermeiden: die Sauerstoffsättigung eines Weins mit Luft liegt bei 8,4 mg/L (bei 20°C); die von reinem Sauerstoff beträgt aufgrund eines fünfmal höheren Partialdrucks jedoch



42 mg/L. Das heißt, dass ab einer Konzentration von 8,4 mg/L tatsächlich reiner Sauerstoff durch das Holz übertragen wird und diese Rate nicht auf die Desorption von Luft zurückzuführen ist. Drücke von 3, 8, 14 und 24 Bar wurden angelegt und die Sauerstoffkonzentration im Zeitverlauf gemessen (Abbildung 3).

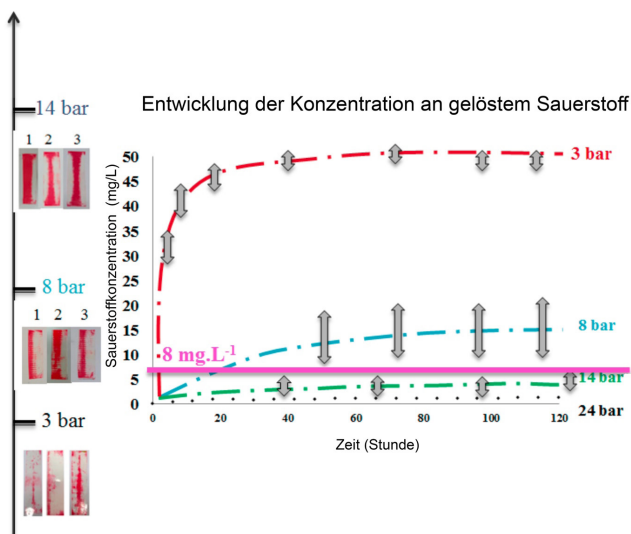


ABBILDUNG 3. Übertragung von Sauerstoff an den Kontaktstellen zwischen den Dauben unter verschiedenen Bedingungen (3, 8, 14 und 24 Bar). Bei der Arbeit im Weinkeller ist oft zu beobachten, dass die schwächsten Kontaktstellen an einem Fass rund um das Spundloch und in der Mitte der Dauben liegen, wo sie sich am stärksten biegen. In diesen Bereichen kann ein Druck von 3 Bar beobachtet werden, während Drücke von 8, 14 und 20 Bar hauptsächlich entlang einer Daube herrschen, mit 20 Bar an den beiden Enden.

Die Messungen mit dem Permeameter zeigten, dass ein Druck von 24 Bar, der auf den Bereich zwischen den Dauben ausgeübt wird, den Transfer von reinem Sauerstoff durch die Daubenzwischenräume stark einschränkt. Eine Verringerung des Drucks auf 14 bzw. 8 Bar erleichtert den Gastransfer, da sich dadurch der Kontakt zwischen den Dauben verschlechtert. Nach fünf Tagen kann somit die Konzentration an gelöstem Sauerstoff unter diesen Bedingungen auf 10 mg/L ansteigen. Die Sauerstoffübertragung erreichte sogar 40 mg/L in fünf Stunden bei einem Druck von 3 Bar. Wie bereits beschrieben, werden die beiden Enden der Fässer durch hohe Drücke abgedichtet (25 bis 30 Bar an den Zwischendauben), wohingegen in der Mitte ein Druck von nur 3 Bar herrscht.

Während dieser Arbeit wurde auch gezeigt, dass die Kontaktbedingungen zwischen den Dauben (Oberflächenrauheit) einen Einfluss auf die Sauerstoffübertragung haben. In der Tat sollte die Berücksichtigung dieses Parameters dazu dienen, den Kontakt insbesondere in Niedrigdruckzonen zu verbessern.

Zudem ergaben Untersuchungen, dass die gesamte Eichendaube (mit einer Dicke von 23 bis 27 mm) bei Kontakt mit Flüssigkeit gasundurchlässig wird. Der Gastransport findet somit nicht durch das Holz statt. Diese Undurchlässigkeit ist sowohl auf die Struktur des Holzes als auch auf seine Vernetzung zurückzuführen. Die Verthyllung des Holzes während des sekundären Dickenwachstums⁴ schränkt die Längsübertragung ein. Zudem werden Perforationen und Vertiefungen im Holz während des Fassausbaus mit Flüssigkeit getränkt. Dies hat zur Folge, dass das Eichenholz gasundurchlässig wird, da die Diffusion in diesen radialen Verbindungen sehr eingeschränkt ist.

Damit hängt die Luftdurchlässigkeit eines Fasses hauptsächlich von der Qualität des Kontaktes zwischen zwei Dauben (Oberflächenbeschaffenheit und Druck) ab. Der größte Schwachpunkt (Hauptsauerstofftransfer) liegt wie erwähnt im Niedrigdruckbereich (3 Bar) in der Mitte eines Fasses. Es scheint deshalb sinnvoll zu sein, die Positionierung der Fassringe zukünftig zu überdenken, um einen gleichmäßigeren Druck entlang der Kontaktfläche der Dauben zu erzeugen, und somit Fässer mit einer besser regulierbaren Gasdurchlässigkeit herstellen zu können.

Der Sauerstofftransfer erfolgt hauptsächlich durch Gasdesorption aus dem Eichenholz

Als nächstes bestimmten wir den Anteil des Sauerstoffs, der nach dem Kontakt der Dauben mit einer Flüssigkeit durch Desorption eingetragen wird. Für die Versuche mit Modelllösungen wurde ein Holzoberfläche/ Matrix-Verhältnis verwendet, das dem von Weinfässern (225 L/ 2 m²) entspricht. Die Ergebnisse zeigten, dass die Desorption von im Eichenholz gespeichertem Gas einen erheblichen Teil der 20-27 mg.L⁻¹.Jahr⁻¹ ausmacht, die vom Fass während einer einjährigen Reifezeit übertragen wird (zwischen 35 und 50 %). Dies findet vorwiegend im Laufe des ersten Monats statt, wenn das Holz mit Flüssigkeit getränkt wird. Der Wein dringt innerhalb weniger Tage bis zu 4 mm tief in die Gefäße des Holzes ein (schnelle Sättigung), und erreicht nach 1 Monat eine Tiefe von 7 mm. Eine starke Korrelation zwischen dieser Sättigungskinetik und der Sauerstofffreisetzung durch Desorption wurde beobachtet. So wurden 10 mg/L auf den Wein im ersten Monat übertragen, was eine relativ große Menge darstellt. Im Rahmen dieser Arbeit zeigten wir auch, dass der Gastransfer am Spund (Silikon) nur wenige mg/L ausmacht, was im Vergleich zu den Daten zur Desorption und zum Gesamtgastransfer sehr gering ist. Allerdings hängen diese Werte stark vom Material des Spundes und dessen Anwendung ab.

Die Ergebnisse ermöglichen es, die Faktoren, die die Sauerstoffübertragung während des Fassausbaus beeinflussen, besser zu verstehen. Zudem erleichtert dies Nutzer besser in der Verwendung von Eichenfässern anzuleiten, und Küfer mit Daten zur Verbesserung ihrer Herstellungsverfahren zu versorgen. Die Regulierung der Konzentration von gelösten Gasen ist von großer Bedeutung und erfordert besondere Aufmerksamkeit, unabhängig vom genauen Weinherstellungsverfahren.

Weitere Studien sind erforderlich

Es wäre interessant, zusätzliche Studien durchzuführen, wie Untersuchungen zum Einfluss (i) des Alkoholgehalts und (ii) der Reinigung von Fässern auf die Sättigungskinetik des Holzes und auf die Desorption von Sauerstoff aus dem Holz. ■

Basiert auf dem wissenschaftlichen Artikel "Oxygen desorption and oxygen transfer through oak staves and oak stave gaps: an innovative permeameter" (OENO One, 2018).

1 Qiu Y., Lacampagne S., Mirabel M., Mietton-Peuchot M., & Ghidossi R. (2018). Oxygen desorption and oxygen transfer through oak staves and oak stave gaps: an innovative permeameter. *OENO One*, 52(1). <https://doi.org/10.20870/oeno-one.2018.52.1.909>

2 Giraud, W. (2009). Étude physico-chimique de l'interface bois-vin pendant l'élevage en barriques (Doctoral dissertation, Université de Toulouse, Université Toulouse III-Paul Sabatier).

3 Nevaes, I., & del Alamo-Sanza, M. (2015). Oak Stave Oxygen Permeation: A New Tool To Make Barrels with Different Wine Oxygenation Potentials. *Journal of agricultural and food chemistry*, 63(4), 1268-1275.

4 Hansmann, C. H., Wimmer, W. G. R., & Teischinger, A. (2002). Permeability of wood-A review. *Drevarsky Vyskum*, 47(4), 1-16.