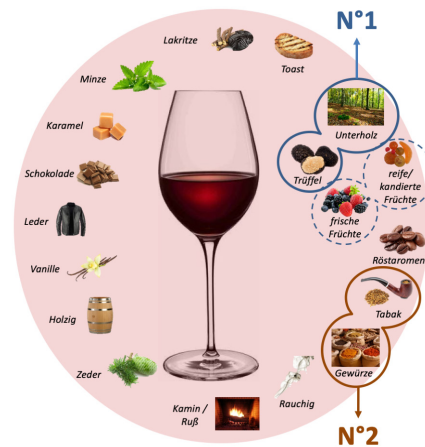


# Wie beeinflussen das Wasserregime und der Stickstoffstatus der Weinrebe die Reifungsaromen von Rotweinen?

>>> Diese Studie untersucht einen möglichen Zusammenhang zwischen dem im Weinberg gemessenen Wasser- und Stickstoffgehalt und dem Vorkommen aromatischer Verbindungen im Bouquet gealterter Rotweine zu erstellen. Dafür wurden 10-20 Jahre alte Weine aus der Region Bordeaux untersucht. Der Gehalt an aromatischen Verbindungen, wie z. B. Tabanonen und Dimethylsulfid (DMS), wird von der Wasser- und Stickstoffversorgung der Rebe beeinflusst. Die Zusammensetzung der im Wein verbleibenden stickstoffhaltigen Komponenten korreliert mit dem Stickstoffstatus der Pflanzen. Dies repräsentiert ein mögliches Potenzial für Vorstufen aromatischer Verbindungen, beinhaltet aber gleichzeitig das Risiko mikrobiologischer Instabilität. <<<



**Abbildung 1.** Die aromatischen, sensoriellen Bereiche des Alterungsbouquets von Bordeaux Rotweinen. Die beiden gekennzeichneten Gruppen der Aromaklassen N°1 und N°2 sind im Wein mit den flüchtigen Verbindungen DMS (N°1) und Tabanonen (N°2) assoziiert.

Unabhängig von der Herkunft, hängt die Qualität eines großartigen Weines immer mit seiner Alterungsfähigkeit zusammen. Der Begriff des Terroirs umfasst bekanntermaßen auch die Parameter von Wasserregime und Stickstoffstatus der Rebe, die die Entwicklung der Pflanze beeinflussen. Messbare agronomische Variablen wie beispielsweise der Ertrag und die chemische Zusammensetzung der Trauben (Zucker, Polyphenole, Säuren, Aromen) hängen eng mit der Wasser- und Stickstoffversorgung des Bodens zusammen. Da dies wichtige Indikatoren für die Qualität der Trauben und der Weine sind, beschäftigt sich diese Studie mit dem Zusammenhang von eben diesen Weinanbauparametern und dem Gehalt an aromatischen Bestandteilen des Bouquets gealterter Weine. Vierundvierzig Bordeauxweine der Jahrgänge 1997 bis 2007, die von drei verschiedenen Rebsorten - Merlot, Cabernet Franc und Cabernet-Sauvignon - stammen, wurden hinsichtlich verschiedener Bodentypen untersucht. Die durch Mikrovinifizierung gewonnenen Weine wurden 2014 analysiert.

Das Alterungsbouquet von Bordeaux Rotweinen ist durch eine große Anzahl verschiedener Aromen sensoriiell definiert (Abbildung 1). Die Gerüche von zwei Molekülfamilien wurden bestimmt: DMS (Abb. 1; Nr. 1) und Tabanone (Abb. 1; Nr. 2). Picard *et al.* (2015)<sup>1</sup> haben in ihrer Arbeit eine positive Korrelation zwischen der DMS Konzentration in Bordeaux Rotweinen und der sensoriiellen Typizität des Alterungsbouquets gefunden. Diese Verbindung kann, abhängig von ihrer Konzentration und der Anwesenheit anderer flüchtiger und nichtflüchtiger Bestandteile des Weines, verschiedene sensorielle Effekte hervorrufen. Ein Zusammenspiel verschiedener Wahrnehmungen führt dazu, dass zum Beispiel bei geringer Konzentration ein fruchtiger, aromastärkender Effekt auftreten kann, bei höheren Konzentrationen jedoch Noten von Trüffel und Unterholz hervorgebracht werden.

## ■ Die Beziehung zwischen dem Stickstoffstatus der Rebe und Dimethylsulfid (Abbildung 1; N°1)

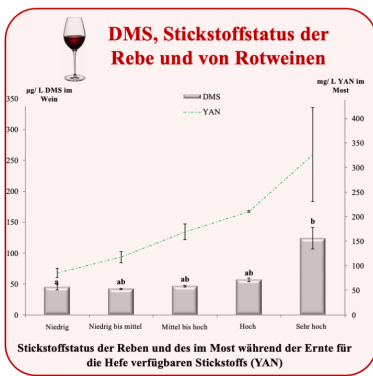
Der bei der Ernte in den Mosten enthaltene und für die Hefe verfügbare Stickstoff (*yeast available nitrogen*, YAN) wurde gemessen und als Indikator für die Stickstoffversorgung der Rebe verwendet<sup>2</sup>. Der gemessene Stickstoffstatus wurde dann mit dem DMS-Gehalt verglichen (Abbildung 2).

Die höchsten Konzentrationen wurden in alten Weinen gemessen, die aus Rebsäften hergestellt wurden, die die höchsten YAN-Werte aufwiesen. Eine positive und signifikante Korrelation ( $R^2 = 0,7$ ) zwischen dem DMS-Gehalt von Altweinen und dem YAN-Werten des Mostes wurde festgestellt und kann mit Hilfe der Gleichung  $[DMS_{(\mu g/l)} = 0,3 \times YAN_{(mg/l)} - 2,7]$  beschrieben werden. Diese Ergebnisse stimmen mit der Tatsache überein, dass Vorstufen der DMS Synthese, von denen die wichtigste S-Methylmethionin ist, von den Trauben produziert werden. S-Methylmethionin ist ein Aminosäurederivat, das einen wichtigen Teil des YAN-Messwertes darstellt. Diese Studie zeigte auch, dass die Art des Bodens keine direkte Erklärung der Schwankungen der DMS-Konzentration in gealterten Weinen ermöglichte. Dies könnten jedoch eine indirekte Konsequenz sein, die durch Schwankungen im Wasserregime und der Stickstoffversorgung der Weinreben hervorgerufen wird. Darüber hinaus konnten wir unter den Bedingungen der Studie keinen Einfluss durch die Rebsorte beobachten.

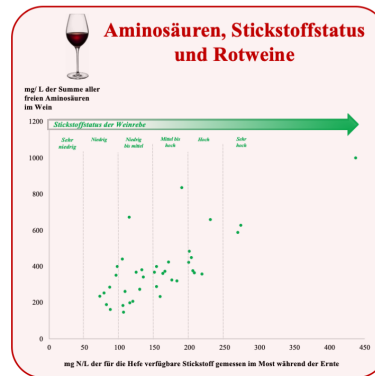
DMS leistet einen positiven Beitrag zum Alterungsbouquet von Weinen und ist positiv mit dem Stickstoffstatus der Rebe verbunden. Dies hängt von der Art des Bodens, den klimatischen Bedingungen und dem eingetragenen Pflanzenmaterial ab. Die Zugabe von Düngemitteln oder Veränderungen in der Weinanbaufläche könnten die Synthese von Vorstufen begünstigen. Dies sollte jedoch mit Vorsicht geschehen, um eine übermäßige Steigerung der Erträge und des Wachstums der Rebe zu vermeiden, was wiederum einen Verdünnungseffekt oder eine erhöhte Empfindlichkeit gegenüber Krankheiten wie der Graufäule hervorrufen könnte.

## ■ Die Beziehung zwischen dem Wasserstatus der Rebe und Tabanonen (Aromaklasse N°2, Abbildung 1)

Der Begriff "Tabanon" bezieht sich auf eine Mischung von fünf Isomerverbindungen der Megastigmatrienone (TAB1, TAB2, TAB3, TAB4, TAB5), von denen TAB2 ausschließlich in Weinen vorkommt, die Kontakt mit Eichenholz hatten. Deshalb konnte diese Verbindung aufgrund des angewandten Mikrovinifizierungsprotokolls in den Rotweinen dieser Studie nicht nachgewiesen werden. Die Tabanonkonzentrationen korrelierten positiv mit dem Alter der Weine.



**Abbildung 2.** Einfluss des Stickstoffstatus der Rebe auf den DMS-Gehalt in Rotweinen nach der Alterung. Signifikante Unterschiede sind mit Buchstaben gekennzeichnet. Der Standardfehler wird durch Fehlerbalken angezeigt.



**Abbildung 4.** Korrelation zwischen dem Stickstoffstatus der Rebe und dem Gehalt aller freien Aminosäuren, gemessen in den entsprechenden Rotweinen nach dem Altern.

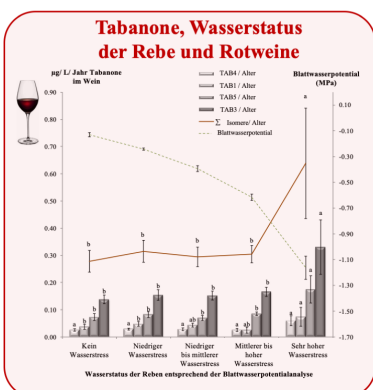
Nach diesem ersten Ergebnis wurden die Konzentrationen durch das Alter der entsprechenden Weine geteilt, um den Alterungseffekt zu neutralisieren. Dies ermöglichte die Auswirkung des Wasserstatus des Weinbergs auf die Tabanonkonzentration zu untersuchen. Zusätzlich wurden die PFB-Werte (Blattwasserpotential) in verschiedene Wasserzustandsstufen eingeteilt<sup>3</sup>.

Eine positive Korrelation zwischen der Intensität des Wasserstresses und den altersbereinigten Tabanonkonzentrationen wurde gefunden (Abbildung 3). Starker Wasserstress begünstigt damit die Entstehung von Tabanonen während der Alterung der Weine. Dies erklärt sich mit dem Ursprung der Tabanone. Sie stammen von nichtflüchtigen glykosylierten Vorstufen der C<sub>13</sub>-Norisoprenoide ab, deren Synthese bekanntermaßen durch das Wasserregime der Rebe beeinflusst wird<sup>4</sup>. Aus diesem Grunde sind Tabanone stark mit dem Wasserregime der Rebepflanze verbunden. In gealterten Weinen tragen sie zu den würzigen und tabakartigen Noten bei. Es wurde gezeigt, dass sich eine starke Wasserknappheit im Weinberg positiv auf das Vorhandensein von Tabanon-Vorstufen in Trauben und auf die Tabanonkonzentration gealterter Weine auswirkt.

### Die Beziehung zwischen dem Stickstoffstatus der Rebe und dem Stickstoffstatus der Weine

Die Konzentration der freien Aminosäuren wurde in gealterten Bordeaux Rotweinen bestimmt und mit dem Stickstoffstatus der entsprechenden Reben verglichen, der anhand des YAN-Gehalts des Mosts bewertet wurde (Abbildung 4). Dies ermöglichte es, den Stickstoffstatus der Rebe mit dem Stickstoffstatus der Weine auch nach Gärung und der Alterung zu vergleichen. Ein hoher Stickstoffgehalt im Most scheint einen höheren Anteil an organischen und/oder freisetzbaren Stickstoff im Wein zu erzeugen.

Aus aromatischer Sicht kann die Kombination aus einer hohen Konzentration an freien Aminosäuren einerseits, und der Zeit der Alterung andererseits, die Produktion aromatischer Verbindungen begünstigen. Dies betrifft insbesondere Heterozyklen, die aus der Maillard-Reaktion hervorgehen<sup>5</sup>. Die Aromen können wie aus einem Kochbuch stammend beschrieben werden, mit Noten von Toast, Nüssen und Röstaromen. Sie repräsentieren damit gute Kandidaten für die sensorischen Definition



**Abbildung 3.** Einfluss des Wasserstatus der Rebe auf die Konzentration der vier in alten Rotweinen gemessenen Tabanonisomere.

des Alterungsbouquets ohne Holzkontakt (Abbildung 1). Die Messung der Konzentration von aromatischen Heterozyklen in den Rotweinen dieser Studie zeigte jedoch keine signifikanten Unterschiede, im Gegensatz zu einer anderen Studie über Champagner-Reserveweine. Ein möglicher Grund ist, dass der Gehalt an freien Aminosäuren viel niedriger war als der der Reserveweine der Champagne.

Darüber hinaus haben andere Studien gezeigt, dass die aromatischen Vorstufen flüchtiger Thiole<sup>6</sup> oder substituierter Säuren, die die Vorläufer substituierter Ester sind<sup>7</sup>, durch einen hohen Stickstoffanteil des Mosts erhöht werden können.

Es sollte jedoch beachtet werden, dass ein Überschuss an Reststickstoff in Weinen die mikrobiologische Instabilität während der Konservierung begünstigt. Nichtsdestotrotz hat eine kürzlich veröffentlichte Studie gezeigt<sup>8</sup>, dass sich Reststickstoff in einem Weinmodellmedium nur begrenzt auf das Wachstum von *Brettanomyces bruxellensis* auswirkt. Es gibt jedoch viele Stämme mit ganz unterschiedlichen Anforderungen an das Medium, die sich in einer komplexeren Matrix gut entwickeln können. Deshalb ist es im Weinberg genauso wichtig wie im Weinberg, verantwortungsbewusst mit dem Stickstoffeintrag umzugehen. ■

Nicolas Le Menn<sup>1,2</sup>, Cornelis van Leeuwen<sup>3</sup>, Laurent Riquier<sup>1,2</sup>, Gilles de Revel<sup>1,2</sup>, Stéphanie Marchand<sup>1,2</sup>

1 University of Bordeaux, ISVV, EA 4577, Unité de recherche OENOLOGIE, Villenave d'Ornon, France

2 INRA, ISVV, USC 1366 OENOLOGIE, F-33882 Villenave d'Ornon, France

3 EGFV, Bordeaux Sciences Agro, INRA, Univ. Bordeaux, ISVV, Villenave d'Ornon, France

**1** Picard, M.; Tempere, S.; de Revel, G.; Marchand, S. A sensory study of the ageing bouquet of red bordeaux wines: A three-step approach for exploring a complex olfactory concept. *Food Qual. Prefer.* 2015, 42, 110–122.

**2** van Leeuwen, C.; Friant, P.; Soyer, J.-P.; Molot, C.; Choné, X.; Dubourdieu, D. L'intérêt du dosage de l'azote total et de l'azote assimilable dans le mout comme indicateur de la nutrition azotée de la vigne. *J. Int. Sci. Vigne Vin.* 2000, 34 (2), 75–82.

**3** van Leeuwen, C.; Tregooat, O.; Choné, X.; Bois, B.; Pernet, D.; Gaudillère, J.-P. Vine water status is a key factor in grape ripening and vintage quality for red Bordeaux wine. How can it be assessed for vineyard management purposes? *J. Int. Sci. Vigne Vin.* 2009, 43, 121–134.

**4** Koundouras, S.; Marinos, V.; Gkouloti, A.; Kotseridis, Y.; van Leeuwen, C. Influence of vineyard location and vine water status on fruit maturation of non-irrigated cv agiorgiitiko (*Vitis Vinifera* L.). Effects on wine phenolic and aroma components. *J. Agric. Food Chem.* 2006, 54 (14), 5077–5086.

**5** Le Menn, N.; Marchand, S.; de Revel, G.; Demarville, D.; Laborde, D.; Marchal, R. N,S,O-heterocycles in aged champagne reserve wines and correlation with free amino acid concentrations. *J. Agric. Food Chem.* 2017, 65 (11), 2345–2356.

**6** Helwi, P.; Guillaumie, S.; Thibon, C.; Keime, C.; Habran, A.; Hilbert, G., ... & van Leeuwen, C. Vine nitrogen status and volatile thiols and their precursors from plot to transcriptome level. *BMC plant biology*, 2016 16(1), 173.

**7** Lytra, G.; Miot-Sertier, C.; Moine, V.; Coulon, J., & Barbe, J. C. Influence of yeast-assimilable nitrogen content on fruity aroma variation during malolactic fermentation in red wine. *Food Research International*, 2020, 102924.

**8** Childs, B. C., Bohlscheid, J. C., & Edwards, C. G. (2015). Impact of available nitrogen and sugar concentration in musts on alcoholic fermentation and subsequent wine spoilage by *Brettanomyces bruxellensis*. *Food microbiology*, 2015, 46, 604-609.