

Der Einfluss von Sonnenlicht und Temperatur in der Fruchtzone der Reben auf die Biosynthese von Primär- und Sekundärmetaboliten in den Beeren

>>> Der Stil eines Weines wird von der chemischen Zusammensetzung der Beeren bei der Ernte beeinflusst. Die zugrundeliegenden physiologischen Prozesse, die in den Beeren vom Ansatz bis zur Reife ablaufen, sind äußerst komplex und sind zudem eng mit umwelt- und agrarwirtschaftlichen Faktoren verknüpft. Die klimatischen Bedingungen innerhalb der Fruchtzone (d. h. das Mikroklima), wie z. B. Licht und Temperatur, beeinflussen bekanntermaßen die Physiologie der Beeren auf dem Niveau der Schalen, des Fruchtfleisches und der Samen. Dieser Artikel beschäftigt sich mit dem Potenzial der Ausdünnung des Laubes im Bereich der Trauben, mit den damit verbundenen Veränderungen im Trauben-Mikroklima und in der chemischen Zusammensetzung der Beeren. <<<

■ Die physischen Eigenschaften und die Bewirtschaftungsmethoden eines Weinberges bestimmen das Mikroklima der Reben

Weinberge können erheblichen Schwankungen abiotischer Faktoren wie Sonnenlicht, Temperatur, Wasser, Wind und Luftfeuchtigkeit ausgesetzt sein. Dies ist abhängig von: der Topographie / der Ausrichtung der Rebzeilen / der Pflanzdichte / der Trainings- und Schnittsysteme / der Größe/ des Volumens des Blattdaches: Höhe und Dichte. Lokale Unterschiede in den Bodeneigenschaften (Tiefe, Struktur, Zusammensetzung und Textur) sollten ebenfalls berücksichtigt werden, da sie die Wurzelarchitektur und damit die Wasser- und Nährstoffaufnahmekapazität der Pflanze bestimmen.

■ Welchen Zweck erfüllt die Ausdünnung des Laubes der Rebe und/ oder die Entfernung der seitlichen Blätter im Bereich der Früchte?

Die Auswirkung des Sonnenlichtes (exponierte vs. beschattete Beeren) auf die Akkumulation oder den Abbau von primären und sekundären Fruchtmetaboliten ist ein in der Literatur sehr umstrittenes Thema. Bei Untersuchungen zur Auswirkung des Sonnenlichtes auf die Zusammensetzung der Beeren sollte berücksichtigt werden, welche Seite der Traubenoberfläche man betrachtet: die Seite, die den Rebzeilen oder diejenige die dem Laubdach zugewandt ist. Es wird in der Tat davon ausgegangen, dass die chemische Komposition der einzelnen Beeren von ihrer räumlichen Verteilung innerhalb der Traube bestimmt wird. Dies ist insbesondere vom Ausmaß der Sonnenbestrahlung abhängig und weniger von der vertikalen Position der Beere in der Traube¹.

Die primären und sekundären Metabolite von Weinbeeren ändern sich im Laufe der Entwicklung drastisch. Phänologische Studien (das Stadium der Fruchtentwicklung, Veraison, Reifung und Seneszenz) können daher sehr aufschlussreich sein (Abbildung 1). Shahood *et al.*, (2015)² haben gezeigt, dass es zwischen den einzelnen Beeren einer Traube nach der Veraison große Unterschiede im Gehalt an Wasser, Zucker und organischen Säuren gibt. Ein Teil dieser Heterogenität entsteht bereits während der Blüte und der Fruchtentwicklung - lange vor der Reifung der Beeren. Wann sollte die Blattausdünnung angewendet werden?

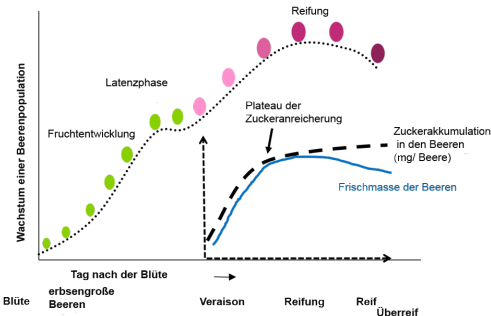


Abbildung 1. Ab dem Beginn der Veraison (d. h. dem Weichwerden der Beeren) ist die Reifezeit in zwei Phasen unterteilt: Die Periode vor und diejenige nach dem Plateau der maximalen Zuckeranreicherung (in mg/Beere) (nach: Carboneau *et al.*, 2020)³.

■ Die Fruchtentwicklung: Der Einfluss von Sonnenlicht und Temperatur

Die Entfernung der Blätter zu dem Zeitpunkt, an dem die Beeren ungefähr erbsengroß sind (nach der Blüte und Fruchtansatz), ist von Interesse, da viele wichtige Verbindungen nur während der Entwicklung der grünen Beeren angereichert oder abgebaut werden. Die Intensität des Sonnenlichts (SL) spielt dabei eine wichtige Rolle (Abbildung 2). Die Auswirkung, die die Entfernung der Blätter auf die Beerenzusammensetzung hat, hängt stark von anderen biotischen (Sorten, Klone) und abiotischen (Wasser, Stickstoff) Faktoren ab. Ein paar allgemeine Trends können jedoch hervorgehoben werden. Die folgenden Informationen stammen aus der Literatur und aus unseren eigenen Studien und Experimenten^{4, 5, 6}:

• Mögliche Auswirkungen des Sonnenlichts (SL):

- organische Säuren: kein Einfluss von SL
- Tannine: kein Einfluss von SL
- Flavonole: SL stimuliert Biosynthese
- Pyrazine: SL reduziert IBMP Anreicherung
- Rotundon: kein klarer Trend
- Karotenoide und Norisoprenoide (NI): SL stimuliert Karotenoide und somit die Anreicherung von NI wie z. B. TDN und Beta-Ionon zum Zeitpunkt der Ernte; Daten sind weniger eindeutig für Beta-Damascenon
- Monoterpene: SL stimuliert Anreicherung
- flüchtige Thiole: SL fördert die Anreicherung von Vorstufen flüchtiger Thiole
- C6-Verbindungen: kein klarer Einfluss von SL
- Ester sind aus Hefe gewonnene Verbindungen. Eine frühzeitige Entfernung der Blätter kann ihren Gehalt in Weißweinen erhöhen. Dies geschieht durch die Veränderung der für die Hefe zur Verfügung stehenden Nährstoffe im Traubenmost.
- Frischmasse der Beeren: kein Einfluss von SL (außer Sonnenbrand)

• Mögliche Auswirkungen der Temperatur (T)

Des Weiteren ist zu berücksichtigen, dass eine Zunahme an Sonnenlicht zu einem Anstieg der Temperatur in den Beeren führen könnte. Dies ist abhängig von der Sorte, der Topographie des Standorts (Mesoklima) und der Orientierung der Rebzeilen. Die möglichen Auswirkungen der Temperatur sind nachstehend zusammengefasst und beziehen sich größtenteils auf das phänologische Stadium des Wachstums der grünen Beeren^{4, 5, 6}:

- organische Säuren: negativer Einfluss hoher T > 35 °C
- Tannine: kein Einfluss der T; nur extreme Hitze führt zu einer Verminderung der Tanninkonzentration in den Schalen

- Flavonole: kein Einfluss der T
- Pyrazine: hohe T > 35 °C reduziert IBMP Anreicherung
- Rotundon: geringere Anreicherung bei hoher T
- Karotenoide: kein Einfluss der T
- flüchtige Thiole: hohe T führen häufig zu einer Reduktion an Thiolen
- Frischmasse der Beeren: eine hohe T > 40 °C kann, abhängig vom Wasserstatus der Rebe, den Verlust von Wasser und das Schrumpfen der Beeren verstärken. Natürlich können die Beeren auch bei niedrigen Temperaturen Wasser verlieren.
- eine Verschlimmerung der Auswirkungen hoher (T)/ Hitzewellen auf das Absterben von Zellen im zentralen Bereich der Beere während der Reifung.

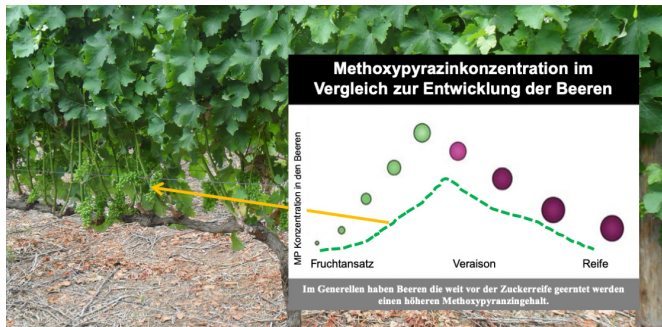


Abbildung 2. Veranschaulichung der frühen Blattenferrnung und Entfernung der seitlichen Blätter im Bereich der Früchte, wenn die Beeren Erbsengröße erreicht haben (Sauvignon blanc). Durch die Zunahme an Sonnenlicht auf der Ebene der Trauben kann die Konzentration an IBMP in den Schalen vor und nach der Veraison verringert werden (inspiriert von der Arbeit von Roujot de Boubee D.).

■ Veraison und Reifung: Der Einfluss von Sonnenlicht und Temperatur

Ab der Veraison (ca. 6 °Brix) steigt der Zuckergehalt der Früchte täglich. Gleichzeitig erhöht sich das Beerenvolumen durch den Einstrom von Wasser². Eine Beere enthält 0,8 bis 1,2 mol Zucker. Das entspricht einer durchschnittlichen Alkoholkonzentration von 10,5 bis 11 %. Die Zuckeranreicherung endet sobald die vollständige Reife erreicht ist². Dies bedeutet, dass ein weiterer Anstieg der Zuckerkonzentration nach dem Erreichen des Plateaus auf einen Wasserverlust der Beeren zurückzuführen ist (Verdunstung und Wasserrückfluss zur Pflanze). Daher sollten bei Untersuchungen zum Einfluss des Sonnenlichtes auf die Metabolitsynthese der Beeren die beiden Phasen vor und nach der Zuckerreife berücksichtigt werden (Abbildung 1)⁷.

Eine späte Entfernung der Blätter (late leaf removal, LLR) während der Veraison kann die Biosynthese oder den Abbau wichtiger Metabolite der Beeren durch den Einfluss von Licht und Temperatur stimulieren. Da die Beeren in diesem Stadium empfindlicher gegenüber Austrocknung sind, sollte die LLR mit Bedacht durchgeführt und gegen das Risiko von Sonnenbrand und Wasserverlust abgewogen werden.

→ Anthozyane: viel SL stimuliert die Biosynthese und die Entwicklung der Beerensfarbe, während wenig SL zu Rotweinen mit geringer Farbintensität führt. Die Effizienz der Extraktion/ Diffusion von Anthozyanen während der Weinherstellung sollte natürlich auch bedacht werden.

→ Methoxyypyrazine: obwohl LLR ihren Abbau begünstigt, ist der Effekt der frühen Blattenferrnung auf die IBMP-Akkumulation stärker

→ andere aromatische Verbindungen: Die Auswirkungen von LLR sind nicht besonders gut verstanden, da in den meisten Studien mit der Entfernung der Blätter schon vor der Veraison begonnen und sie danach weitergeführt wurde. Ein Wasserverlust der Beeren in der Spätsaison (late season dehydration, LSD) beeinflusst die Gesamtheit aller aromatischen Verbindungen in den Trauben und im Wein. Dies wird durch eine signifikante Verminderung in den Konzentrationen an Beta-Damascenon (NI) und Estern (Hefegärung) verursacht.

Im Gegensatz dazu begünstigt LSD die Anreicherung von C6-Verbindungen und Metaboliten, die an der Ausbildung marmeladiger Noten beteiligt sind, wie zum Beispiel Furanone und Laktone.

■ Die Quintessenz

Die generelle Ausdünnung des Laubdaches und/ oder die Entfernung seitlicher Blätter im Bereich der Früchte sind wirkungsvolle agrartechnische Methoden zur Verbesserung/ Änderung der chemischen Zusammensetzung von Früchten, Weinen und Weinstilen. Dies bedeutet, dass es möglich ist, durch eine verbesserte Sonneneinstrahlung im Bereich der Trauben in einem bestimmten Weinberg Weine verschiedener Stile und Typen zu erzeugen. Bei der Blattenferrnung zur Veränderung der Fruchtzusammensetzung sollte das phänologische Stadium der Beeren berücksichtigt werden. Am geeignetsten hat sich dabei der Zeitpunkt während der Fruchtentwicklung herausgestellt, an dem die Früchte zirka Erbsengröße erreicht haben. Eine Entfernung der Blätter vor der Blüte kann angewandt werden, um die Kompaktheit der Trauben, durch eine Verringerung der Blütenanzahl zu mindern. Dies verbessert die Belüftung und die Gesundheit der Trauben und hilft Fäulnis zu reduzieren (*Botrytis cinerea*). Während der Veraison kann das Entfernen der Blätter sowohl das Risiko von Fäulnis mindern als auch die Beerensfarbe verbessern (d. h. die Biosynthese von Anthozyanen für rote Sorten zu stimulieren).

Die Wechselwirkungen zwischen abiotischen Faktoren, der Frucht- und Weinzusammensetzung, einschließlich der Weinaromaprofile, sind komplex. Abgesehen von einigen Verbindungen wie IBMP (Sauvignon blanc, Merlot, Cabernet Sauvignon), Terpenolen (weiße Sorten...) und TDN (Riesling...), die von Sonnenlicht und Temperatur beeinflusst werden und somit das aromatische Profil von Weinen verändern können, ist es im Allgemeinen schwierig vorherzusagen, wie genau sich das Mikroklima in der Fruchtzone auf die Weinstile auswirkt. ■

Alain Deloire¹, Suzy Rogiers², Guillaume Antalick³, Anne Pellegrino¹,

1 Montpellier University, L'Institut Agro (SupAgro-IHEV), France

2 NWGIC, Department of Primary Industries-NSW, Australia

3 University of Nova Gorica, Vipava, Slovenia

1 Reshef N., Walbaum N., Agam N., and Fait A., 2017. Sunlight Modulates Fruit Metabolic Profile and Shapes the Spatial Pattern of Compound Accumulation within the Grape Cluster, *Front. Plant Sci.*, <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.00070>

2 Shahood R., Rienth M., Torregrosa L., Romieu C. (2015) Evolution of grapevine (*Vitis vinifera* L.) berry heterogeneity during ripening. *19th Int. Symp. GIESCO*, 1-5 June, Gruissan, France.

3 Carbonneau A., Torregrosa L., Deloire A., Pellegrino A., Pantin F., Romieu C., Ojeda H., Jaillard B., Méty A., Abbal P., 2020. *Traité de la Vigne, Physiologie-Terroir-Culture, Dunod Editeur*, Paris, France, ISBN 978-2-10-079857-5, 689 p.

4 Gouot J.C., Smith J.P., Holzapfel B.P., Barril C., 2019. Grape Berry Flavonoid Responses to High Bunch Temperatures Post Véraison: Effect of Intensity and Duration of Exposure, *Molecules*, 24, 4341; doi:10.3390/molecules2423434

5 Blanquaert E. H., Oberholster A., Ricardo-da-Silva J.M., Deloire A.J., 2019. Effects of Abiotic Factors on Phenolic Compounds in the Grape Berry – A Review, *S. Afr. J. Enol. Vitic.*, Vol. 40, No. 1.

6 Suklje K., Lisjak, K., BašaCesnik H., Janeš L., Du Toit W., Coetzee Z., Vanzo A., Deloire A., 2012. Classification of Grape Berries According to Diameter and Total Soluble Solids To Study the Effect of Light and Temperature on Methoxyypyrazine, Glutathione, and Hydroxycinnamate Evolution during Ripening of Sauvignon blanc (*Vitis vinifera* L.), *J. Agric. Food Chem.*, 60, 9454–9461/9456

7 Suklje, K., Antalick, G., Meeks, C., Blackman, J. W., Deloire, A. & Schmidtke, L. M., 2017. Grapes to wine: the nexus between berry ripening, composition and wine style, *International Society for Horticultural Science (ISHS)*, Leuven, Belgium, pp. 43-50, <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2017.1188.6>