

# Schrumpfen von Weinbeeren, Wasserverlust und Zelltod: Eine zunehmende Herausforderung für Produzenten im Angesicht des Klimawandels

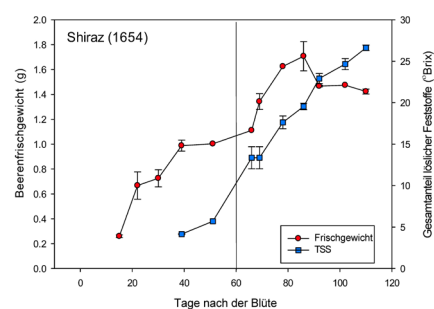
>>> Die Dehydrierung der Beeren spät reiferer Sorten ist eine Folge wesentlicher Veränderungen im Wasserhaushalt der Früchte. Dies ist der Fall, wenn Verdunstung und potenzieller Wasserrückfluss zur Pflanze den Import von Wasser in die Beere, durch Phloem und Xylem, übersteigen. Das Schrumpfen der Beeren kann erhebliche wirtschaftliche Auswirkungen haben und die Erträge um mehr als 25 % verringern. Zusätzlich wirken sich Veränderungen in der Zusammensetzung der Beeren natürlich auch auf die daraus resultierenden Weine aus. Angesichts des Klimawandels wird davon ausgegangen, dass aufgrund einer Verlagerung der Entwicklung und Reifung der Trauben in Zeiträume, die durch Hitzewellen und Dürren geprägt sind, dieses Problem in Zukunft häufiger auftreten wird. <<<

Das Schrumpfen ist eine Art Gewichtsverlust bei Weinbeeren, das in verschiedenen Entwicklungsstadien auftreten kann: sowohl bereits während der Blüte (die Fruchtknoten betreffend), als auch vor oder nach der Veraison. Es ist bereits bekannt, dass sowohl rote als auch weiße Sorten (Cabernet Sauvignon, Zweigelt, Barbera, Grenache, Semillion, Sauvignon Blanc, Shiraz etc.) für das Schrumpfen der Beeren anfällig sind<sup>1</sup>. Die Literatur unterscheidet vier Arten des Schrumpfens:

- 1/ Sonnenbrand vor oder nach der Veraison. Dies führt bei starker Schädigung zu einer schlechteren Entwicklung der Farbe bei roten Sorten.
- 2/ Wasserverlust der Früchte in der Spätsaison (late season dehydration, LSD). Dies ist einerseits durch das Absterben von Zellen im Mesokarp der Beeren gekennzeichnet, und andererseits durch Wasserverlust, der zu einer Erhöhung des Gesamtanteils löslicher Feststoffe (total solid substances, TSS) führt.
- 3/ Stiellähme. Typisch ist nekrotisches Gewebe von Stecknadelkopfgröße, welches die Beeren- und Traubenstiele, und teilweise sogar das gesamte Traubengerüst befällt. Stiellähme kann direkt ab der Blüte auftreten, oder erst später nach der Veraison, was mit unterschiedlichen Auswirkungen auf die chemische Zusammensetzung der Trauben verbunden ist<sup>2</sup>.
- 4/ Störungen in der Zuckeranreicherung. Dies kann einerseits zu weichen, unregelmäßig geformten Beeren mit geringem Frischgewicht führen, und andererseits die Anthozyan- und Zuckerkonzentration reduzieren.

In wärmeren Klimazonen ist LSD die häufigste Ursache für das Schrumpfen. Obwohl es abhängig von der Jahreszeit, dem Standort und dem Weingut Unterschiede gibt, beschleunigt LSD durch höhere Temperaturen, ein höheres Sättigungsdefizit (vapour pressure deficit, VPD), Wassermangel und/ oder -stress, sowie durch übermäßige Sonneneinstrahlung dieses Phänomen. LSD ist das Ergebnis von Dehydrierung und Vitalitätsverlust der Beerenzellen, was wiederum zu Ertrags-, Qualitäts- und Rentabilitätsverlusten führt<sup>3</sup>. Chou *et al.*<sup>4</sup> zeigten, dass LSD das Frischbeerengewicht von Shiraz um 30-70 % reduzierte.

In den meisten bislang veröffentlichten Artikeln wurden ganze Beerenpopulationen untersucht. Das heißt, dass die Ergebnisse Beeren-Mischpopulationen verschiedener phänologischer Stadien repräsentieren (Abbildung 1).



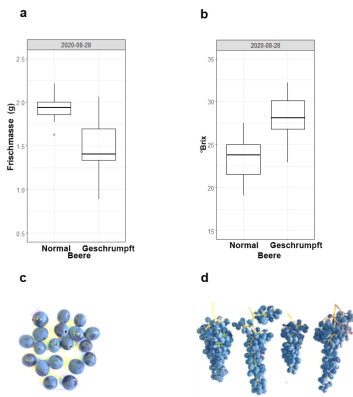
**Abbildung 1.** Veränderungen im Frischgewicht der Beeren und in den gesamten löslichen Feststoffen von aus einem heißen Klima stammenden Shiraz. Der Verlust an Frischgewicht macht sich typischerweise etwa 80 bis 90 Tage nach der Blüte bemerkbar. Wasserverlust erhöht die Konzentration vorhandener Zucker und somit den Gesamtanteil löslicher Feststoffe (TSS).

Messungen an einzelnen Beeren sind trotz ihres Zeitaufwandes nötig, um die Anreicherung und den Abbau von Stoffwechselprodukten in verschiedenen Phasen der Beerenentwicklung besser zu verstehen. Dies umfasst Parameter wie TSS, Frischmasse (g), organische Säuren, das Absterben von Gewebe und Zellen, sowie den Sauerstoffgehalt der Beeren. In diesem Artikel werden eine Reihe von neuen Erkenntnissen im Zusammenhang mit LSD beschrieben, die von Untersuchungen einzelner Beeren verschiedener Shiraztrauben stammen.

Mit dem Einsetzen der Veraison (Weichwerden der Beeren) beginnt die Anreicherung der Beeren mit Zucker bis ungefähr nach 26 Tagen ein Plateau erreicht wird<sup>5</sup>. Dieses Plateau liegt sortenunabhängig im Allgemeinen bei etwa 1-1,2 Molar (10-12 Vol. % Alkohol; 18-20 °Brix). Parallel zur Zuckeranreicherung, aber nicht gezwungenermaßen in einem linearen Verhältnis, nimmt das Fruchtvolumen durch die Aufnahme von Wasser zu.

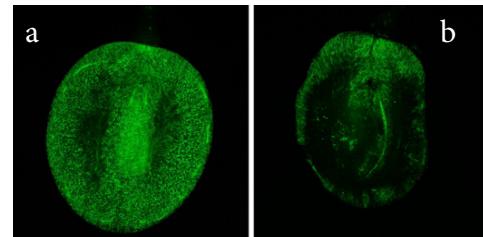
Nach dem Erreichen des Plateaus der Zuckeranreicherung (zweite Reifephase) ist es der Wasserverlust, der hauptsächlich für einen weiteren Anstieg der Zuckerkonzentration (°Brix) in den Beeren verantwortlich ist<sup>6</sup>. Ein unausgeglichener Wasserhaushalt zwischen Wasseraufnahme, Verdunstung und Rückfluss zur Rebe, kann bei einigen anfälligen Sorten wie Shiraz zum Schrumpfen der Früchte führen. Daher hängt die Fruchtzuckerkonzentration von der Gesamtmenge an in den Beeren gespeichertem Zucker (mg/ Beere) und deren Volumen ab. In einer kürzlich durchgeführten Studie wurden einzelne normale und geschrumpfte Shiraz-Beeren zum gleichen Zeitpunkt denselben Trauben entnommen (Weinberg des Montpellier Agarforschungsinstituts; vertikale Reberziehung mit Fertigation). Dies verdeutlichte, dass in den geschrumpften im Vergleich zu normalen Beeren der Gesamtverlust an Frischmasse mit einem Anstieg in °Brix verbunden ist (Abbildung 2). Die Ergebnisse zeigten für beide Gruppen eine schwache, aber signifikante Beziehung zwischen der Frischmasse einzelner Beeren und ihrer Zuckerkonzentration (in °Brix, Abbildung 3). Dies ist im Einklang mit den Ergebnissen einer anderen kürzlich veröffentlichten Studie<sup>7</sup>.

Sauerstoffmangel (*Hypoxie*) ist eine der Ursachen, die im Mesokarp der Beeren zum Absterben der Zellen führen kann<sup>3</sup>(Abbildung 4). Frühere Studien zeigten, dass hohe Temperaturen und zu geringe Bewässerung das Ausmaß von Zelltod und Dehydrierung der Beeren verstärkten, dem jedoch durch zusätzliche Beschattung entgegengewirkt werden konnte.



**Abbildung 2.**

Die Beerenfrischmasse (a) und der Brix-Wert (Zuckerkonzentration) (b) einzelner normaler (c) und geschrumpfter Beeren (d) sind mithilfe von Boxplots darstellt. Dies verdeutlicht den Gesamtgewichtsverlust und die Zunahme an °Brix für normale im Vergleich zu geschrumpfte Beeren.

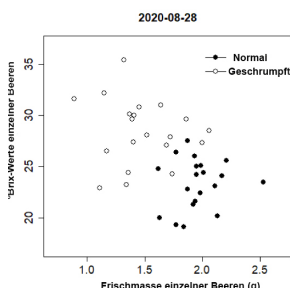


**Abbildung 4.** Fluoreszenzbilder von mit Fluoreszein Diazetat (FDA) gefärbten Beerenquerschnitten (Längsschnitt durch die Mittelachse). Intakte lebende Zellen erscheinen fluoreszierend grün. Eine pralle Beere mit gesunden/intakten Zellen im Mesocarp in (a). Eine geschrumpfte Beere mit großen dunklen Bereichen, die auf Zelltod hinweisen in (b). Maßstabsbalken sind 2 mm.

Das Schrumpfen der Beeren hat einen tiefgreifenden Einfluss auf die Zusammensetzung der Shiraz-Trauben und des daraus resultierenden Weins. Spezifische Veränderungen hängen jedoch von der Ursache für das Schrumpfen ab<sup>4</sup>. Einer Studie zufolge sind Weine aus Trauben, bei denen 80 % der Beeren von LSD betroffen waren, durch einen signifikant höheren Alkoholgehalt (mehr als 1 Vol. %), einen höheren Farbton, geringerer Farbintensität und ein höheres chemisches Alter gekennzeichnet. Die Zunahme des Farbtons entspricht einer Verschiebung der Weinfarbe von violett nach orange, während das chemische Alter des Weins durch den Polymerisationsgrad zwischen Anthozyanen und Tanninen angezeigt wird. Somit verstärkt LSD die Farbentwicklung in Rotweinen, reduziert allerdings deren Alterungspotential. Darüber hinaus war die Anthozyankonzentration in Weinen aus geschrumpften Trauben niedriger<sup>4</sup>. LSD veränderte zudem die Zusammensetzung des Anteils flüchtiger Komponenten. So verringerten sich die Konzentrationen einiger Acetate höherer Alkohole und der Beta-Damascenon-Anteil (Verstärker fruchtiger Aromen), während die Konzentrationen von  $\gamma$ -Nonalacton und Massoia Lacton stiegen. Diese beiden letztgenannten Verbindungen tragen bekanntermaßen zu Aromen von Pflaumen und gekochten Früchten in vorzeitig gealterten Rotweinen bei. Demzufolge beeinflusste LSD die sensorischen Eigenschaften der untersuchten Weine, verstärkte die Wahrnehmung von gekochten Früchten, und bewirkte einen höheren Alkoholgehalt sowie höhere Adstringenz<sup>2</sup>. Insbesondere scheinen Verbindungen wie Gamma-Nonalacton, Massoia-Lacton, Furaneol, Homofuraneol, 3-Methyl-2,4-nonandion und [Z]-1,5-Octandien-3-on zum Trockenfruchtcharakter von Weinen beizutragen, die aus dehydrierten Trauben hergestellt wurden<sup>2</sup>. Es sollte jedoch darauf hingewiesen werden, dass eine späte Frucht reife nicht zwangsläufig mit einem Schrumpfen der Beeren und höheren Konzentrationen an chemischen Markern wie Trockenfruchtaromen in Zusammenhang steht.

## ■ Welche Möglichkeiten stehen zur Verfügung, um den Wasserverlust und somit das Schrumpfen der Beeren nach der Veraison zu begrenzen, bzw. zu vermeiden?

• Schutz der Trauben durch Blätter: dies reduziert die Wasserverdunstung der Beeren und verbessert das



**Abbildung 3.** Die Beziehung zwischen der Frischmasse einer einzelnen Beere und deren °Brix-Wert (Zuckerkonzentration) ist für normale und geschrumpfte Beeren signifikant. Dies veranschaulicht: i) die komplexe Wechselwirkung zwischen dem Zuckergehalt und dem Volumen der Früchte; ii) dass für einen bestimmten Zeitpunkt der Probenahme, das Entwicklungsreife-Niveau einzelner Beeren für diese Parameter unterschiedlich ist.

Mikroklima im Bereich der Trauben in Bezug auf das VPD. Es ist jedoch ein schmaler Grat, da ein zu großes Blattdach bei starker Hitze höheren Wasserstress verursachen kann, wenn die Aufnahme von Wasser durch die Wurzeln nicht ausreicht, um den Bedarf der Pflanze zu decken.

• Milder Wassermangel vom Fruchtansatz bis zur Reife: dies zwingt die Reben und ihre Trauben sich frühzeitig in der Saison an Wassermangel zu gewöhnen (kleinere Beeren unterliegen einem geringeren Gesamtgewichtsverlust).

• Bewässerung der Reben vor einer Hitzewelle: dies begrenzt den Wasserrückfluss von den Beeren zur Pflanze. Dabei ist zu beachten, dass nach dem Erreichen des Plateaus der Zuckeranreicherung in den Beeren, eine Bewässerung den Flüssigkeitsverlust womöglich nicht verhindern kann (es wurde jedoch gezeigt, dass Regen während der Schrumpfungphase die Gewichtsverlustrate durch direkte Wasseraufnahme über die Schale verlangsamen kann).

• Schutz durch Beschatten der Reben oder der Verwendung von Sonnenschutz (z. B. Kaolin). ■

Alain Deloire<sup>1</sup>, Suzy Rogiers<sup>2</sup>, Katja Šuklje<sup>3</sup>, Guillaume Antalick<sup>4</sup>, Xiao Zeyu<sup>5</sup>, Anne Pellegrino<sup>1</sup>,

<sup>1</sup> Montpellier University, L'Institut Agro (SupAgro-IHEV), France

<sup>2</sup> NWGIC, Department of Primary Industries-NSW, Australia

<sup>3</sup> Agricultural Institute of Slovenia, Slovenia

<sup>4</sup> University of Nova Gorica, Vipava, Slovenia

<sup>5</sup> ARC Training Centre for Innovative Wine Production, National Wine and Grape Industry Centre, Charles Sturt University, Australia

1 Šuklje K., Zhang X., Antalick G., Clark A.C., Deloire A., & Schmidtke L.M., (2016). Berry Shriveling Significantly Alters Shiraz (*Vitis vinifera* L.) Grape and Wine Chemical Composition, *J. Agric. Food Chem.*, 64, 870–880, DOI:10.1021/acs.jafc.5b05158

2 Allamy, Darriet & Pons, 2017. Molecular interpretation of dried-fruit aromas in Merlot and Cabernet Sauvignon musts and young wines: Impact of over-ripening. *Food Chemistry*, 266, 245-253. doi: 10.1016/j.foodchem.2018.06.022

3 Xiao, Z., Liao, S., Rogiers, S. Y., Sadras, V. O. & Tyerman, S. D., (2018). Effect of water stress and elevated temperature on hypoxia and cell death in the mesocarp of Shiraz berries, *Australian Journal of Grape and Wine Research* 24, 87-497,, <https://doi.org/10.1111/ajgw.12363>

4 Chou, H.-C., Šuklje, K., Antalick, G., Schmidtke, L. M., & Blackman, J. W., (2018). Late-season Shiraz berry dehydration that alters composition and sensory traits of wine. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 66(29), 7750-7757. doi: 10.1021/acs.jafc.8b01646

5 Shahood R., Torregrosa L., Savoi S., Romieu C. (2020). First quantitative assessment of growth, sugar accumulation and malate breakdown in a single ripening berry, *Oeno One*, 4, 1077-1092, DOI:10.20870/oeno-one.2020.54.4.3787

6 Rogiers, S. Y., Greer, D. H., Hatfield, J. M., Orchard, B. A. & Keller, M., (2006). Solute transport into Shiraz berries during development and late-ripening shrinkage. *American Journal of Enology and Viticulture* 57, 73-80.

7 Triolo, R., Roby, J. P., Plaia, A., Hilbert, G., Buscemi, S., Di Lorenzo, R., & van Leeuwen, C. (2018). Hierarchy of factors impacting grape berry mass: separation of direct and indirect effects on major berry metabolites. *American Journal of Enology and Viticulture*, 69(2), 103-112.