



# Grundregeln zur Anlage von Weinbergen und Strategien zur Verzögerung der Traubenreife im Rahmen der Klimaerwärmung

Trinidad Morales-Henríquez<sup>1</sup>, Gastón Gutiérrez-Gamboa<sup>2</sup>, Wei Zheng<sup>3</sup> and Fernando Martínez de Toda<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Escuela de Agronomía, Facultad de Ciencias, Universidad Mayor, Camino La Pirámide 5750, Huechuraba 8580000, Chile

<sup>2</sup> Escuela de Agronomía, Facultad de Ciencias, Ingeniería y Tecnología, Universidad Mayor, Temuco, 4780000, Chile

<sup>3</sup> Faculty of Functional Food and Wine, Shenyang Pharmaceutical University, China

<sup>4</sup> Instituto de Ciencias de la Vid y del Vino (CSIC, Gobierno de La Rioja, Universidad de La Rioja), Carretera de Burgos, Km. 6. 26007 Logroño, Spain

Bestimmte Strategien des Weinbaus bieten eine natürliche Lösung, um die negativen Auswirkungen der globalen Erwärmung zu mildern. Unterschiede im Gelände, der Rebsorte, des Klons, der Unterlage, des Erziehungssystems, der Reihenorientierung und der Hangneigung können kombiniert werden. Dies kann, je nach gewählter Strategie, die Traubenreife um einige Tage bis zu mehreren Wochen hinauszögern. Eine Anwendung ist zudem auf neuen wie auch auf alten Weingütern möglich, da die meisten Produzenten von hochwertigen Weinen weltweit keine Option haben, woanders anzubauen.

## Die Lage des Weinberges

### • Höhe

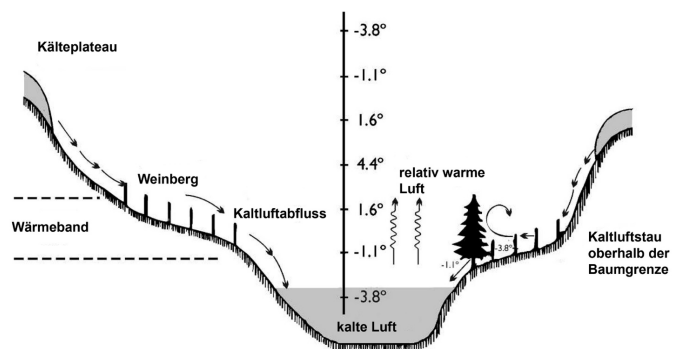
Höhenlagen können sich, durch eine Verlangsamung des Reifeprozesses, positiv auf die Qualität der Trauben für die Weinherstellung auswirken. Winzer können sich adiabatische Effekte zunutze machen, da ein Höhenunterschied von 100 m 0,60 bis 0,65 °C Temperaturdifferenz bewirken kann. Klimamodelle prognostizieren jedoch, dass dieser Unterschied bis zum Ende des Jahrhunderts auf 0,41 bis 0,49 °C pro 100 Höhenmeter sinken wird<sup>1</sup>. Trauben aus Höhenlagen sind normalerweise in Bezug auf Säure, Stickstoff, phenolische und flüchtige Verbindungen, sowie den Gehalt an löslichen Feststoffen, ausgewogen<sup>2</sup>. Diese Eigenschaften begünstigen die Herstellung von Weinen mit niedrigem Alkoholgehalt und hoher aromatischer Qualität, Säure und Frische. Dennoch können bestimmte Merkmale einer Landschaft klimatische Verzerrungen verursachen und die Kontinuität der höhenbedingten Abkühlung stören. Dazu zählen z. B. fehlende Niederschläge, geringe Bewölkung und starke Sonneneinstrahlung, wie sie für einige Weinbauregionen typisch sind<sup>3</sup>. Die Höhenlage ist einer der Hauptfaktoren, die die Daten für den Knospenbruch und die Blüte in alpinen Umgebungen beeinflussen, sowie auch die Eigenschaften der Rebe und die Apikaldominanz. Mit zunehmender Höhenlage des Weinbergs dauern phänologische Vorgänge länger und können eine Differenz von bis zu 21 Tagen hinsichtlich des Erntetermins bewirken<sup>4</sup>. Diese Informationen könnten in Zukunft von entscheidender Bedeutung sein, da der Erntezeitpunkt bis 2099 um bis zu 3 Tage pro 100 Höhenmeter vorrücken könnte<sup>1</sup>.

### • Der Breitengrad

Der Klimawandel beeinflusst auch die Verbreitung von Rebsorten in verschiedenen Weinanbaugebieten. Bioklimatische Indikatoren prognostizieren negative Auswirkungen auf den Weinbau in Südeuropa, während sich in Mittel- und Westeuropa die Weinqualität verbessern wird, und sogar neue Flächen für den Weinbau erschlossen werden könnten<sup>5</sup>. Ähnliche Effekte werden in Chile beobachtet, wo sich der Weinanbau zunehmend nach Süden verlagert. Beispielsweise hat die Rebanbaufläche der Region Araucanía (37°35' bis 39°37' südlicher Breite) von 2003 bis 2020 um 953 % zugenommen. Obwohl der Breitengrad die wärmebedingten Eigenschaften der Rebenentwicklung beeinflussen kann, ist seine Wirkung innerhalb eines bestimmten Gebiets praktisch nicht vorhanden. Er könnte jedoch von Interesse sein, wenn Winzer neue Terroirs mit regionaler Identität austesten wollen.

### • Das Gefälle

Ein Gefälle im Gelände beeinflusst mehrere andere Faktoren. Dazu zählen die Wasserbewegung und die Erosion, die Bodenentwässerung, der Arbeitsaufwand bei der Rebpflege und der Ernte, sowie die Mechanisierungsmöglichkeiten im Weinberg.



**ABBILDUNG 1.** Einfluss der Eigenschaften des Geländes auf die Lufttemperaturschichtung während einer Abkühlungsperiode, die durch schwache Winde und klaren Himmel gekennzeichnet ist (nach Barclay Poling<sup>6</sup>).

Flache Gebiete können in Zonen mit Frühlingsfrösten anfällig für Kaltluftinversionen sein. Dahingegen ermöglichen Neigungen von 5-7,5 % eine gute Luftableitung (Abbildung 1)<sup>6</sup>. Ein Gefälle kann jedoch aufgrund des Überschlagerisikos die Bedenken hinsichtlich Erosion und Mechanisierung erhöhen, und somit die Bewirtschaftung der Weinreben erschweren. Die Menge an Strahlung, die von den Reben aufgenommen wird, kann durch die Hangrichtung, den Grad der Neigung, sowie die Höhenlage des Weinbergs reguliert werden.

## Das Pflanzenmaterial

### • Spät reifende Sorten

Die Rebsorte hat einen starken Einfluss auf die Traubenreife. Dabei konnte ein Unterschied von fast zwei Monaten zwischen der frühesten und der spätesten Sorte im DOCa Rioja festgestellt werden (Tabelle 1). Das heißt, dass bestimmte Weinbauregionen einen höheren Anteil spät reifender Rebsorten mit einbeziehen sollten. In der DOCa Rioja sollte beispielsweise die Anbaufläche von Graciano, Mazuelo und Garnacha vergrößert werden. In Bordeaux dahingegen wäre ein höherer Anteil von Cabernet Sauvignon vorteilhafter, welcher zwei Wochen später als Merlot reift. Im chilenischen Central Valley dahingegen sollte Cabernet Sauvignon durch einen höheren Anteil an Carménère ersetzt werden, der ähnlich wie Petit Verdot und Mourvèdre, einen späten Reifezyklus aufweist.

### • Die Auswahl der Wurzelstöcke

Die Unterlagen haben nur einen geringen Einfluss auf den phänologischen Zyklus des Edelreises. Es wird geschätzt, dass der Unterschied in Bezug auf das durch die Unterlagen veränderte Erntedatum, je nach Weinbergsertrag, etwa zwei bis sechs Tage beträgt. Unterlagen wie 110 Richter, 140 Ruggeri und 1103 Paulsen sind gut an warme Bedingungen angepasst und unterstützen, z. B.



**TABELLE 1.** Mittleres Erntedatum der Saisons 2009 und 2010, sowie physikochemische Parameter des Mosts und der Ertrag/Rebstock für Sorten, die nur in geringem Maße in der DOCa Rioja (Spanien) angebaut werden.

Rebsorte	Ernte-datum	Lösliche Feststoffe (°Brix)	pH	Gesamt-säure (g/L)*	Äpfel-säure (g/L)	Wein-säure (g/L)	Ertrag (kg/ Rebe)
<i>Rot</i>							
Moristel	29 Sept	19.7	3.25	6.27	2.45	4.94	5.01
Vidadillo	29 Sept	18.1	3.24	6.07	2.01	4.79	3.27
Alicante Bouschet	29 Sept	19.9	3.33	6.66	2.57	4.23	7.80
Mandón	30 Sept	21.4	3.37	5.47	1.67	5.08	4.75
Tinto Velasco	29 Sept	18.9	3.44	5.62	2.49	4.03	4.72
Agawan	16 Sept	21.8	3.20	6.76	1.72	4.84	1.26
Portugieser Blau	16 Sept	21.8	3.34	4.89	2.77	4.13	3.41
Morastell Bouschet	29 Sept	17.7	3.26	5.85	2.35	4.76	5.44
Garnacha Roya	22 Sept	19.9	3.01	7.20	2.02	6.55	5.85
Trepat	29 Sept	18.0	3.10	6.43	2.33	4.72	7.72
Tempranillo Royo	16 Sept	24.0	3.30	5.65	2.83	4.04	4.95
Morate	29 Sept	22.1	3.32	6.72	3.10	5.13	7.59
Petit Bouschet	29 Sept	19.4	3.43	5.44	2.63	4.50	4.39
Maturana Tinta	29 Sept	23.1	3.85	4.81	2.37	3.30	3.35
<i>Weiß</i>							
Garnacha Blanca	22 Sept	22.0	3.03	7.43	0.64	4.37	3.65
Malvasia de Rioja	28 Sept	20.7	3.31	5.78	0.66	3.45	4.39
Maturana Blanca	3 Sept	22.7	3.09	7.57	1.34	4.44	2.64
Tempranillo Blanco	3 Sept	23.3	3.25	7.40	2.07	3.39	2.60
Turruntés	28 Sept	21.7	3.22	6.37	1.22	3.19	4.26
Viura	25 Sept	21.7	3.17	6.30	0.97	3.49	4.93

\*in g/ L Weinsäure. Die Werte entsprechen den Mittelwerten der Daten von 2009 und 2010.

im Vergleich zu Riparia-Unterlagen, einen langen Vegetationszyklus<sup>7</sup>.

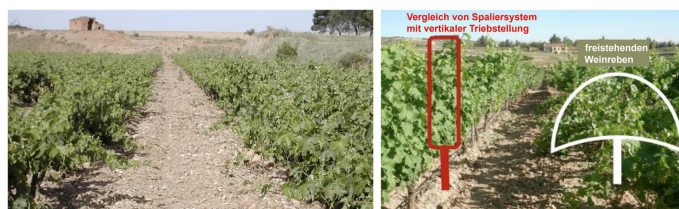
### Minoritäre und autochthone Rebsorten

Das Verschwinden einer großen Anzahl von Rebsorten und die Homogenisierung der Weinindustrie hat die Anpassungsfähigkeit der Reben an abiotischen und biotischen Stress stark gemindert. Minoritäre und autochthone Sorten verfügen über eine große Anzahl genetischer Ressourcen, die eine bessere Adaption gegenüber der globalen Erwärmung, sowie bessere Resistenzen gegen Schädlinge und Krankheiten gewährleisten könnten. In der DOCa Rioja sind Garnacha Roya, Alicante Bouschet Trepat, Morate und Agawan die interessantesten, minoritären, roten Rebsorten, mit einem hohen Säuregehalt und einen niedrigen pH-Wert. Bei den weißen Rebsorten finden sich Maturana Blanca und Garnacha Blanca (Tabelle 1). Winzer sollten die Nutzung dieser Rebsorten in Betracht ziehen, um den Weinmarkt mit einer breiteren Palette von Weinstilen mit unverwechselbarer Identität zu bereichern.

## Erziehungssystem und die Ausrichtung der Reihen

Das Gobelet-Erziehungssystem könnte Trockenheit und Hitzestress mildern, da die lose Vegetation, im Vergleich zu Systemen mit vertikalen Triebausrichtungen, eine bessere Belüftung und ein homogeneres Mikroklima sicherstellt. Unter diesen Bedingungen können sich die Blätter frei im Wind bewegen, und auch durch die Änderungen der Blattausrichtung den Einfallswinkel der Sonnenstrahlung reduzieren, wodurch sich die Rebe besser an Temperaturanstiege anpassen kann (Abbildung 2). Erziehungssysteme bestimmen die Trauben- und Vegetationshöhe über dem Boden<sup>8</sup>. Eine Stammhöhe von 120 cm kann im Vergleich zu 45 cm die durchschnittliche Reife um acht Tage verzögern<sup>8</sup>. Das Spaliersystem spielt dahingegen eine Schlüsselrolle beim Faktor Reihenorientierung<sup>9</sup>. Das Spaliersystem mit senkrechter Triebstellung baut Hitzestress weniger effizient ab als das Gobeletsystem. Daher ist bei der Wahl der Reihenorientierung größte Sorgfalt geboten. Diese Präventivmaßnahmen gegen den Klimawandel müssen bei der Konzeption eines Weinbergs beachtet werden, um zusätzliche Kosten für die jährliche Bewirtschaftung zu vermeiden.

Um bei der Ernte gleichmäßige Früchte zu erhalten, sollte der Weinberg auf die ungünstigste Sonneneinstrahlung ausgerichtet sein. Die beste Reihenorientierung ist somit diejenige, die in der Mitte des Nachmittages die Pflanzen der geringsten Sonneneinstrahlung aussetzt. Dies bedeutet in der südlichen Hemisphäre eine Ausrichtung von Ost nach West. Eine Nord-Süd-Ausrichtung würde zu sehr



**ABBILDUNG 2.** Links: Freistehende Weinreben (Gobelet). Rechts: Vergleich von Spaliersystem mit vertikaler Triebstellung und freistehenden Weinreben.

hohen Belichtungswerten führen, die morgens und nachmittags ihren Höhepunkt erreichen. In einer Studie wurde kürzlich gezeigt, dass das Blattwasserpotenzial in Nordost-Südwest ausgerichteten Reben in der südlichen Hemisphäre gering war. Dieser Bericht kam auch zu dem Schluss, dass ein von Norden nach Süden und von Osten nach Westen ausgerichtetes Laubdach im Allgemeinen die höchste durchschnittliche Photosyntheserate aufweist<sup>10</sup>. Die Ergebnisse sind ähnlich für die nördliche Hemisphäre: Nord-Süd Ausrichtungen sind im Vergleich zu Nordost-Südwest Ausrichtungen empfindlicher gegenüber Hitzestress, da die Westseite des Spaliersystems in der Mitte des Nachmittags, und somit zur Zeit der Tageshöchsttemperatur, direkter Sonneneinstrahlung ausgesetzt ist. Demnach sollten Reihen von neuen Weinbauanlagen je nach Rebsorte unterschiedlich ausgerichtet werden, in Abhängigkeit von der Hanglage, der Erntezeit und der kritischen Sonneneinstrahlungsdauer.

Zusammenfassend ist es aufgrund eines sich stetig erwärmenden Klimas nötig, die Ausrichtung der Weinberge so zu wählen, dass die Reben weniger Sonneneinstrahlung ausgesetzt sind. Zudem ist es vorteilhaft, Weinberge in höheren Lagen mit spät reifenden Rebsorten, Klonen und Unterlagen anzulegen. Die Effekte von Reihenorientierung und Geländegefälle sind zwar interessant, aber statistisch nicht so signifikant wie die Auswirkung der Höhenmeter. Diese weinbaulichen Maßnahmen können mit anderen kombiniert werden, wie z. B. einem späten Winterschnitt, einem Doppelschnitt, einem starken Rückschnitt und Blattentfernung. Damit kann in einigen Fällen eine Reifeverzögerung von bis zu zwei Monaten erreicht werden. ■

**1** Alikadic, A., Pertot, I., Eccel, E., Dolci, C., Zarbo, C., Caffarra, A., De Filippi, R., Furlanello, C. (2019). The impact of climate change on grapevine phenology and the influence of altitude: A regional study. *Agricultural and Forest Meteorology*, 271, 73–82.

**2** Gutiérrez-Gamboa, G., Zheng, W., & Martínez de Toda, F. (2021). Current viticultural techniques to mitigate the effects of global warming on grape and wine quality: A comprehensive review. *Food Research International*, 139, 109946.

**3** Martínez de Toda, F., & Ramos, M. (2019). Variability in grape composition and phenology of 'Tempranillo' in zones located at different elevations and with differences in the climatic conditions. *Vitis*, 58(4), 131–139.

**4** Gutiérrez-Gamboa, G., Pszczółkowski, P., Cañón, P., Taquichiri, M., Peñarrieta, J.M. (2021). UVB radiation as a factor that deserves further research in Bolivian viticulture: A review. *South African Journal of Enology and Viticulture*, 40(2), 201–212.

**5** Malheiro, A., Santos, J., Fraga, H., Pinto, J. (2010). Climate change scenarios applied to viticultural zoning in Europe. *Climate Research*, 43, 163–177.

**6** Barclay Poling, E. (2008). Spring cold injury to winegrapes and protection strategies and methods. *HortScience*, 43(6), 1652–1662.

**7** Corso, M., Bonghi, C. (2014). Grapevine rootstock effects on abiotic stress tolerance. *Plant Science Today*, 1, 108–113.

**8** Santos, J.A., Fraga, H., Malheiro, A.C., Moutinho-Pereira, J., Dinis, L.-T., Correia, C., et al. (2020). A review of the potential climate change impacts and adaptation options for European viticulture. *Applied Science*, 10, 3092.

**9** Hunter, J.J., Volschenk, C.G., Booyse, M. (2017). Vineyard row orientation and grape ripeness level effects on vegetative and reproductive growth characteristics of *Vitis vinifera* L. cv. Shiraz/101-14 Mgt. *European Journal of Agronomy*, 84, 47–57.

**10** Hunter, J.J., Tarricone, L., Volschenk, C., Giacalone, C., Melo, M.S., Zorer, R. (2020). Grapevine physiological response to row orientation-induced spatial radiation and microclimate changes. *OENO One*, 54(2), 411–433.