

# Einige Bemerkungen zum Blattwasserpotenzial von Rebpfanzen

>>> Der Anbau in der Mehrzahl der Weinberge erfolgt unter Wassermangelbedingungen, was sich auf die Physiologie der Rebpfanzen, Traubenwachstum und Traubenzusammensetzung/-qualität beziehungsweise Weinstil auswirkt. Um die Funktionsweise von Rebpfanzen zu verstehen und Strategien zur Bewältigung von Trockenheit, wie etwa Bewässerung, zu optimieren, ist es sehr wichtig, den Wasserstatus von Rebpfanzen zu beurteilen. In diesem Zusammenhang sind Blattwasserpotenzial-Methoden, insbesondere frühmorgendliches Wasserpotenzial und Stammwasserpotenzial, bedeutsam und werden üblicherweise zum Kalibrieren anderer Methoden und/oder zur präzisen Bewässerung genutzt. <<<

## ■ Das Blattwasserpotenzial als Instrument zur Beurteilung des Wasserstatus

Von den zur Verfügung stehenden Methoden zur Messung des Wasserstatus von Rebpfanzen<sup>1</sup> war die Blattwasserpotenzial-Methode unter Zuhilfenahme einer Druckkammer (Abbildung 1) bislang die Standardmethode in Forschung und Entwicklung. Sie hat sich auch bei der Kalibrierung anderer Techniken zur Beurteilung des Wasserstatus von Boden oder Rebpfanzen (einschließlich Feuchtigkeitsfühlern, Saftstromsensoren, Infrarot-Instrumenten usw.) als überaus nützlich erwiesen. Vor allem mithilfe des frühmorgendlichen Blattwasserpotenzials (PLWP)<sup>2</sup> und des Stammwasserpotenzials (SWP)<sup>3, 4</sup> ist es gelungen, sehr taugliche Referenz-Schwellenwerte für den Wasserstatus von Rebpfanzen zu erstellen. Die enge Verknüpfung von Blattwasserpotenzial, Bodenwasserstatus und pflanzlichen Funktionen machen deutlich, warum die Messung des Pflanzenwasserstatus (Dauer und Intensität von Wasserdefizit) während aller phänologischen Stadien so wichtig ist<sup>5, 6, 7</sup>. Allerdings hängt dieses verlässliche validierte Instrument von der angemessenen Beprobung der gesamten Parzelle ab.

## ■ Die drei Blattwasserpotenzialwerte (PLWP, MLWP und SWP)

Frühmorgendliches Blattwasserpotenzial, mittägliches Blatt- und Stammwasserpotenzial (PLWP, MLWP und SWP) werden mithilfe der von Scholander (1965)<sup>8</sup> beschriebenen Technik an abgepflückten Blättern in einer Druckkammer ermittelt. Die Methode besteht darin, die Blätter dem Druck eines neutralen Gases auszusetzen. Das Wasserpotenzial wird anhand des Drucks geschätzt, der erforderlich ist, um den Xylemsaft aus den Mesophyllzellen zu treiben. Je größer der erforderliche Druck ist, damit der Blattstiel den Xylemsaft absondert, desto negativer ist das Blattwasserpotenzial (Abbildung 2). Frühmorgendliche, Blatt- und Stammwasserpotenziale werden immer als Negativwerte in bar oder MPa angegeben.

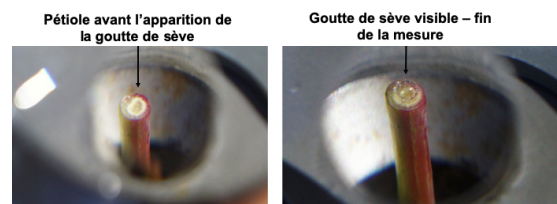
### → Frühmorgendliches Blattwasserpotenzial (PLWP)

Die heutzutage zur Beschreibung des Wasserstatus von Rebpfanzen verwendete Referenzmethode ist die Messung des frühmorgendlichen Blattwasserpotenzials (PLWP;  $\psi_{plwp}$ ), die ein bis zwei Stunden vor Sonnenaufgang durchgeführt wird, wenn der Wasserstatus der Rebpfanze seinen



**Abbildung 1.** Beispiel einer Druckkammer zum Messen des Blattwasserpotenzials (Foto A. Deloire, Südafrika).

Maximalwert aufweist. Messungen des frühmorgendlichen Blattwasserpotenzials besitzen den Vorteil, dass sie stabil sind, von klimatischen Bedingungen unabhängig, und dass eine enge Korrelation mit dem Bodenwasserstatus in der Nachbarschaft der Wurzeln besteht. Carbonneau (1998)<sup>2</sup> hat PLWP-Schwellenwerte vorgeschlagen, wodurch es möglich wird, das Ausmaß des Wasserdefizits einer Pflanze zu beurteilen (Tabelle 1). Diese Werte sind das Ergebnis von mehr als 20 Jahren Beobachtungen in vielen Weinbergen und an verschiedenen Cultivaren. Der PLWP ist, gemeinsam mit der jeweiligen Lage, die Referenz für die meisten Cultivare.



**Abbildung 2.** Das Blattwasserpotenzial wird anhand des Drucks bestimmt, der erforderlich ist, um mit einem neutralen Gas den Xylemsaft aus den Mesophyllzellen eines abgepflückten Blattes zu treiben. Wenn der Xylemsafttropfen an der Blattstielloberfläche sichtbar ist, bedeutet dies das Ende der Messung und der Druckwert wird auf dem Manometer abgelesen. Die Dauer der Messung beträgt ein paar Sekunden.

Es ist allerdings zu berücksichtigen, dass PLWP-Messungen bei Tropfbewässerung in Weinbergen mit sehr geringer Bodenwasserrückhaltefähigkeit zu einer Unterschätzung des vorhandenen Wasserdefizits führen können. Eine PLWP-Messung im Anschluss an eine kurze Bewässerungsphase kann angemessene Bodenfeuchte suggerieren, obwohl ein Großteil der Wurzelzone Trockenheit ausgesetzt ist, was dann zu einem unerwarteten und schnellen Abfall des Wasserstatus führt. Tabelle 2 orientiert über physiologische Reaktionen von Rebpfanzen und Traubenreife auf abnehmende PLWP-Werte.

### → Mittägliches Blattwasserpotenzial (MLWP)

Das mittägliche Blattwasserpotential (MLWP) entspricht einer tagsüber erfolgenden Messung des Pflanzenwasserstatus. Es handelt sich um eine Methode, die die Messung der kurzfristigen Veränderungen des Hydratationszustands

**Tabelle 1.** Frühmorgendliches Blattwasserpotenzial und Wasserstatus von Rebpfanzen<sup>2</sup>. Die physiologischen und biochemischen Reaktionen von Rebpfanzen auf diese Schwellenwerte hängen ab von Cultivar, phänologischem Stadium und Dauer des Wasserdefizits. (1 bar = 0,1 MPa = 100 KPa).

Klassen	Frühmorgendliches Blattwasserpotenzial ( $\psi_{plwp}$ , MPa)	Ausmaß von Wassermangel oder Stress
1	0 MPa $\geq \psi_{plwp} \geq -0,3$ MPa	Kein Wasserdefizit
2	-0,3 MPa $> \psi_{plwp} \geq -0,5$ MPa	Geringes bis mäßiges Wasserdefizit
3	-0,5 MPa $> \psi_{plwp} \geq -0,8$ MPa	Mäßiges bis ausgeprägtes Wasserdefizit
4	$< -0,8$ MPa	Ausgeprägtes bis starkes Wasserdefizit (=Stress)

**Tabelle 2.** Schwellenwerte für frühmorgendliches Blattwasserpotenzial ( $\Psi_{\text{plwp}}$ , MPa) und mögliche Auswirkungen auf Funktionen der Rebpflanze. Es ist zu beachten, dass die Schwellenwerte zwischen verschiedenen Wein-Cultivaren variieren können<sup>7</sup>.

$\Psi_{\text{plwp}}$ (MPa)	Vegetatives Wachstum	Photosynthese	Trauben wachstum	Beeren reifung
0 bis -0,3	normal	normal	normal	normal
-0,3 bis -0,5	verringert	normal bis verringert	normal bis verringert	normal oder angeregt
-0,5 bis -0,8	reduziert bis gehemmt	reduziert bis gehemmt	reduziert bis gehemmt	reduziert bis gehemmt
< -0,8	gehemmt	gehemmt	gehemmt	verringert bis gehemmt

einer Rebpflanze (beispielsweise in stündlichen Abständen) als Reaktion auf Veränderungen von Wasseraufnahme der Wurzeln und Blatttranspiration (Wechselwirkungen zwischen Bodenwassergehalt, klimatischem Anspruch, Blatttranspiration und Cultivar/Unterlage) ermöglicht. Die Messung des mittäglichen Blattwasserpotentials lässt sich nicht als Entscheidungshilfe zur Bewässerungsplanung empfehlen, denn es reagiert sehr schnell auf Fluktuationen des die Blätter umgebenden Mikroklimas.

### → Stammwasserpotenzial (SWP)

Das Stammwasserpotenzial (SWP) wird an Blättern gemessen, die vor der Messung während mindestens 30 Minuten sowohl mit Kunststoffolie als auch mit Aluminiumfolie eingepackt waren. Das Einpacken der Blätter unterbindet ihre Transpiration und es stellt sich ein Gleichgewicht zwischen ihrem Wasserpotenzial und dem Stammwasserpotenzial ein. Das Messen des Stammwasserpotenzials ist eine Methode, mit der man einen im Vergleich zum mittäglichen Blattwasserpotential umfassenderen Indikator erhält, der weniger stark vom Mikroklima des Blatts abhängt. Allerdings besteht ein enger Zusammenhang zwischen Stammwasserpotenzialwerten und klimatischen Ansprüchen, beziehungsweise dem Transpirationsstrom der Pflanze insgesamt<sup>3</sup>. Das Stammwasserpotenzial wird im Allgemeinen zwischen 13:30 und 15:30 Uhr gemessen, wenn der Pflanzenwasserstatus seinen niedrigsten Wert erreicht. Es wurde gezeigt, dass das Stammwasserpotenzial im Vergleich mit dem mittäglichen Blattwasserpotential über die Zeit und über den Trieb oder die Laubkrone stabiler ist. Es nimmt auch besser geringe Wasserdefizite oder Wasserdefizite in Böden mit (im Wechselspiel mit der Durchwurzelung des Bodens durch die Rebpflanzen) heterogener Bodenfeuchte wahr, als das Messen des Wasserpotenzials vor Sonnenaufgang<sup>3</sup>. Die Linearität im Verhältnis zwischen SWP und PLWP ist jenseits eines PLWP von -0,6 bis -0,8 MPa am stärksten ausgeprägt, aber der SWP ist nach Erreichen eines bestimmten Wasserdefizit-Niveaus ( $\Psi_{\text{SWP}} < -1,4$  MPa) schwer interpretierbar, weil sich die Stomata schließen. Nichtsdestotrotz gibt Tabelle 3 nützliche Referenzwerte für die meisten Cultivare und Lagen an<sup>4</sup>.

**Tabelle 3.** Stammwasserpotenzial (zwischen 13:30 und 15:30 Uhr) und die mögliche Beziehung mit der Ausprägung des Wasserdefizits einer Rebpflanze. Die Tabelle schlägt Schwellenwerte für die meisten Cultivare und Lagen vor. Allerdings sind die Empfehlungen im Zusammenhang mit Bodenart und -tiefe und Wassergehalt, Bewirtschaftungspraktiken, Klima und Cultivaren zu berücksichtigen.

Klasse	SWP ( $\Psi_{\text{SWP}}$ , MPa)	Grad des Wasserdefizits der Rebpflanzen
1	$\geq -0,6$	Kein Wasserdefizit
2	-0,7 bis -1,1	Geringes bis mäßiges Wasserdefizit
3	-1,2 bis -1,6	Mäßiges bis ausgeprägtes Wasserdefizit (je nach Cultivar)
4	< -1,6	Ausgeprägtes bis starkes Wasserdefizit (Stress)

### ■ Bewirtschaftung des Weinbergs anhand PLWP und SWP

Auf PLWP oder SWP beruhender empfohlener Wasserstatus der Rebpflanze in Abhängigkeit vom phänologischen Stadium: Knospensprung - Blüte: Klasse 1; Erbsengröße - Véraison: Klassen 1 bis 2; Véraison -

Lese: Klassen 1 bis 3, jeweils abhängig von gewünschtem Ertrag und Weinstil. Klasse 4 sollte vermieden werden, da Schäden an Zellen und Pflanzen zu befürchten sind. Bei der Bewirtschaftung von Weinbergen mithilfe von in einer Druckkammer ermittelten Wasserpotenzialen sind etliche Faktoren zu berücksichtigen, *als da sind* a) die Vielfalt und Unterschiedlichkeit der Parzelle; b) die für die Durchführung der Messung benötigte Zeit (durchschnittlich 1-2 Minuten pro Blatt und 4-6 Blätter für eine Messung; die Anzahl der Messungen pro Parzelle ist variabel. Sie hängt davon ab, wie heterogen die Situation ist); c) die Größe des Weinbergs (die benötigte Zeit für das Zurücklegen der Wege zwischen den Parzellen); d) die frühmorgendlichen Blattwasserpotenziale werden kurz vor Tagesanbruch ermittelt, was die Zeit für die Beprobung einschränkt und e) Regenfälle am Tag vor der Messung oder extreme Temperaturen am Tag der Messung (z. B. Hitzewelle) wirken sich mit großer Wahrscheinlichkeit auf die Ergebnisse der Blattwasserpotenzialmessungen aus.

### ■ Resümee

Blatt- und Stammwasserpotenzial werden in vielen Weinbauländern zur Steuerung der Bewässerung von Weinbergen genutzt, und um die Bewässerung an den jeweiligen Cultivar anzupassen. Für eine präzise, auf Wassereinsparung abzielende Bewässerung ist dies eine nützliche Methode. PLWP und SWP sind entscheidende physiologische Indikatoren für den Wasserstatus von Rebpflanzen und bieten die Grundlage für die Kalibrierung anderer als Entscheidungshilfen dienender Hilfsmittel (Saftstromsensoren, Infrarot-Thermometer, Bodenfeuchtefühler, usw.). Sie haben sich ebenfalls als Methoden bewährt, um die Zusammenhänge zwischen Rebpflanzen-Physiologie und Traubenzusammensetzung einerseits und Wasserstatus der Rebpflanzen andererseits besser zu verstehen. Die sich auf den Wasserstatus von Rebpflanzen und somit auf die Physiologie der Funktionen von Rebpflanzen, die Traubenzusammensetzung und Stil beziehungsweise Qualität von Wein auswirkende Wasserverfügbarkeit ist ein Ergebnis des Zusammenspiels von Boden (Typ, Tiefe und Bewirtschaftung) und Klima (klimatische Ansprüche und Niederschläge). Die Wasserverfügbarkeit ist somit ein entscheidender abiotischer Faktor in Weinbauregionen, in denen nicht bewässert wird. ■

Alain Deloire<sup>1</sup>, Anne Pellegrino<sup>1</sup>, Suzy Rogiers<sup>2</sup>,

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

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

1 Rienth M., Scholasch T., 2019. State-of-the-art of tools and methods to assess vine water status, *OENO One*, 4, 619-637.

2 Carboneau A. 1998. Qualitative aspects, 258 – 276. In: Proc. XX-VIIIth World Congress of Vine and Wine, Bratislava. *Traité d'irrigation*, Tercel J.R., Lavoisier Tec et Doc ed., 1011 p.

3 Choné X., van Leeuwen C., Dubourdieu D. & Gaudillère J.P. 2001. Stem water potential is a sensitive indicator of grapevine water status. *Annals of Botany*, 87 (4), 477-483.

4 Deloire A., Heyns D., 2011. The Leaf Water Potentials: Principles, Method and Thresholds. *Wineland*, 119-121, September 2011.

5 Van Leeuwen C. & Seguin G. 1994. Incidences de l'alimentation en eau de la vigne, appréciée par l'état hydrique du feuillage, sur le développement de l'appareil végétatif et la maturation du raisin (*Vitis vinifera* variété Cabernet franc, Saint-Emilion, 1990). *J. Int. Sci. Vigne Vin*, 28, (2), 81-110.

6 Pellegrino, A., Lebon, E., Voltz, M., Wery, J., 2004. Relationships between plant and soil water status in vine (*Vitis vinifera* L.). *Plant Soil* 266, 129-142.

7 Deloire A., Ojeda H., Zebic O., Bernard N., Hunter J.J., Carboneau A., 2005. Influence of grapevine water status on the wine style, *Le Progrès Agricole et Viticole*, 2005, N° 21, 455 – 462.

8 Scholander P. F., Hammel H. T., Brandstreet E. T. & Hemmingsen E. 1965. Sap pressure in vascular plants. *Science* 148, 339-346.