

Auswirkungen klimatischer Veränderungen auf die Phänologie der Rebe und die Bedingungen während der Traubenreife

WALTER K. KAST und DIETMAR RUPP

Staatliche Lehr- und Versuchsanstalt für Wein- und Obstbau
D-74189 Weinsberg, Traubenplatz 5
E-Mail: Walter.Kast@lvwo.bwl.de

Regressionsanalysen von langjährigen Wetterdaten aus dem Anbaugebiet Württemberg (Weinsberg/Deutschland) ergaben, dass sich bei den Niederschlägen kaum Veränderungen eingestellt haben. Es besteht eine schwache Tendenz zu längeren Trockenphasen in den Monaten April, Mai und Juni. Zurzeit muss mit milderem Wintern, von Jahr zu Jahr extrem unterschiedlichen Verhältnissen im Februar und vor allem mit deutlich höheren Temperaturen im April, Mai und Juni gerechnet werden. Im August und September ist seit Beginn der Achtzigerjahre kein ansteigender Trend mehr zu erkennen. Durch die Temperaturzunahme im Zeitraum April bis Juni setzen Austrieb, Blüte und Reifebeginn um etwa 18 Tage früher ein. Durch diese Vorverlagerung des Reifebeginns in den August reifen die Trauben in der Regel unter rund 4 Kelvin (K) wärmeren Bedingungen als vor 30 Jahren, jedoch bei derselben Niederschlagsmenge. Die Gefahr des Befalls durch Fäulniserreger und insbesondere Schimmelpilze (z.B. der Gattungen Aspergillus aber auch Penicillium) und Bakterien (z.B. Essigbakterien) ist deshalb deutlich angestiegen. Da die Reben durch die verlängerte Vegetationszeit erheblich mehr Energie gewinnen können, werden die Ertragsleistung und die Kompaktheit der Trauben stark gefördert. Mit Hilfe der hohen Reservestoffmengen können die Rebstöcke unter den heutigen Verhältnissen ungünstige Blühbedingungen ohne Probleme überbrücken. Die übermäßige Kompaktheit der Trauben hat sich deshalb im deutschen Weinbau zu einem entscheidenden Qualitätsproblem entwickelt.

Schlagwörter: Rebe, Klima, Temperatur, Phänologie, Traubendichte, Fäulnis

Effects of climatic change on phenology and ripening conditions of grapevine. Weather data and phenological data from the wine-growing region Württemberg over many collected years at Weinsberg/Germany were analysed for tendencies by means of regression analysis. Only minor changes were found for precipitation. Calculations showed a weak tendency to longer lasting draught periods in April, May and June. Warmer winter seasons, extremely variable conditions in February and much higher temperatures in the months of April, May and June must be expected. For August and September no increasing tendencies have been found since the beginning of the 80ies. The higher temperatures in springtime cause an advance of shooting, flowering and veraison of about eighteen days. Grapes now ripen at temperatures which are approx. 4 Kelvin (K) higher than thirty years ago, but precipitation did not decrease. Rotting caused by thermophilic rots (Aspergillus, Penicillium and sour rot) have become more and more a problem. Vines benefit from the longer vegetational period because they can accumulate more energy leading to higher yields and higher cluster density. Due to higher amounts of reserves vines can endure unsuitably cool and rainy periods before or during flowering period without berry drop. Thus cluster density has become one of the biggest problems in German viticulture.

Keywords: grapevine, climate, temperature, phenology, cluster compactness, rotting

Effets du changement climatique sur la phénologie et les conditions du mûrissement de la vigne. Une analyse différenciée des données météorologiques effectuées sur plusieurs années à Weinsberg / Allemagne a montré qu'il y a peu de modifications concernant les précipitations. Une faible tendance vers de plus longues périodes sèches se profile

pour les mois d'avril, mai et juin. Aujourd'hui nous devons compter sur des hivers plus doux, avec des variations plus ou moins extrêmes d'année en année pour le mois de février et surtout une hausse des températures au mois d'avril, mai et juin. Aucune tendance ascendante n'est à noter pour les mois d'août et septembre depuis le début des années 1980. Le débourrement, la floraison et la véraison sont avancés de 18 jours suite à l'augmentation des températures pendant les mois d'avril à juin. De ce fait les raisins mûrissent généralement en août dans des conditions plus chaudes de 4 Kelvin (K) qu'il y a 30 ans mais avec les mêmes précipitations. Les dangers de propagation de foyer de pourriture grise, en particulier de champignons de moisissures thermophiles du genre *penicillium* et la pourriture acétique se sont dès lors multipliés. La période de végétation est aussi plus longue ce qui permet à la vigne d'acquérir beaucoup plus de vigueur. Ainsi les rendements sont plus élevés et la vigne dispose de plus grandes réserves pour surmonter les phases peu favorables, fraîches et pluvieuses avant ou au cours de la fleuraison sans phénomène de coulure. Les grappes sont compactes, ce qui pose un problème de qualité décisif.

Mots clés: vigne, climat, température, phénologie, grappes compactes, pourriture

Dass sich das Klima weltweit und auch in Südwestdeutschland erheblich verändert hat, ist mittlerweile unbestritten. So hat das Mittel der Jahresdurchschnittstemperatur über 30 Jahre auch in Weinsberg vom Anfang bis zum Ende des 20. Jahrhunderts um 0,8 °C auf jetzt 10,0 °C (Mittelwert: 1971 bis 2000) zugenommen (RUPP, 2004). Während die Auswirkungen auf den Weinbau anfänglich eher positiv (DEFILA, 2003) oder neutral bewertet wurden (HÖNIG und SCHWAPPACH, 2003), lassen sich neuerdings vermehrt nachteilige Effekte erkennen. Die Staatliche Lehr- und Versuchsanstalt in Weinsberg verfügt über langjährige Wetterdaten und auch über phänologische Daten. Diese wurden in der vorliegenden Arbeit genutzt, um den allgemeinen Trend etwas näher zu beleuchten und die Auswirkungen auf die Rebe, insbesondere auf die Bedingungen während der Traubenreife, zu analysieren.

Material und Methoden

Zur Verfügung standen monatliche Mittelwerte der Temperaturen, die tiefste im betreffenden Winter gemessene Temperatur (absolutes Minimum) und Monatssummen der Niederschläge seit dem Januar 1953 sowie die Termine der phänologischen Stadien Austrieb, Vollblüte, Reifebeginn und Beginn der Lese. Die Wetterdaten stammen von der Wetterstation der Staatlichen Lehr- und Versuchsanstalt für Wein- und Obstbau in Weinsberg. Diese befindet sich auf einer Kuppe oberhalb der Versuchsanstalt am Stadtrand von Weinsberg (218 m ü.d.M.). Die Daten sind auf Fehler geprüft. Einzelne Datenlücken wurden mithilfe von Messwerten umliegender Stationen geschlossen. Trends wurden nach dem Verfahren der linearen Regression berechnet. Bei den angegebenen Werten für Zu- oder Abnahmen handelt es sich daher nicht um Differenzen zwischen langjährigen Mittelwerten, sondern um aus dem Trend

errechnete Werte für einen bestimmten Zeitabschnitt. Mit diesen Vergleichen werden die zu erwartenden mittleren Werte für Temperaturen und Niederschläge sowie die zu erwartenden Zeitpunkte für das Erreichen eines bestimmten phänologischen Stadiums abgeschätzt.

Ergebnisse und Diskussion

Niederschläge

Bei den Niederschlägen zeigten sich in den letzten 50 Jahren keine wesentlichen Trends. Lediglich im März ist ein signifikanter Anstieg vorhanden. Umgerechnet auf 50 Jahre hat der Niederschlag um 20 l/m² zugenommen. Im Juni zeichnet sich eine schwache Tendenz zu geringeren Regenmengen ab (Tab. 1). Auf 30 Jahre bezogen, gibt es bei den monatlichen Niederschlagswerten Tab. 1: Änderung der monatlichen Niederschlagssummen in Weinsberg; Trend in den Jahren 1953 bis 2007

	Niederschläge (mm)		
	jährlich	in 54 Jahren ^{§§}	Signifikanz [§]
Januar	-0,031	-1,6	n.s.
Februar	0,046	2,3	n.s.
März	0,498	24,9	*
April	-0,139	-7,0	n.s.
Mai	0,121	6,1	n.s.
Juni	-0,549	-27,5	+
Juli	0,266	13,3	n.s.
August	-0,393	-19,7	n.s.
September	0,015	0,8	n.s.
Oktober	0,059	3,0	n.s.
November	0,037	1,9	n.s.
Dezember	0,185	9,3	n.s.

[§] signifikant korrelierte Irrtumswahrscheinlichkeit * < 5%; + < 10 %

n.s. = nicht signifikant

^{§§} Erwartungswerte (d.h. zu berücksichtigende Veränderung)

Tab. 2: Änderung der monatlichen Niederschlagssummen in Weinsberg; Trend in den Jahren 1979 bis 2007

	Niederschläge (mm)		
	jährlich	in 29 Jahren ^{§§}	Signifikanz [§]
Januar	-0,610	-17,7	n.s.
Februar	0,481	13,9	n.s.
März	0,055	1,6	n.s.
April	-0,903	-26,2	n.s.
Mai	-0,337	-9,8	n.s.
Juni	-0,907	-26,3	n.s.
<i>April - Juni kumuliert</i>	<i>-2,15</i>	<i>-62,4</i>	<i>+</i>
Juli	0,809	23,5	n.s.
August	1,281	37,1	n.s.
September	-0,061	-1,8	n.s.
Oktober	0,122	3,5	n.s.
November	0,385	11,2	n.s.
Dezember	-0,794	-23,0	n.s.

[§] signifikant korrelierte Irrtumswahrscheinlichkeit * < 5 %; + < 10 %
n.s. = nicht signifikant

^{§§} Erwartungswerte (d.h. zu berücksichtigende Veränderung)

ten keinerlei signifikante Tendenzen (Tab. 2). Nur bei der kumulativen Betrachtung der Monate April, Mai und Juni zeigt sich ein schwach signifikanter Trend. Für diesen Zeitraum muss im Vergleich zu früher mit einer um 62 l/m² verringerten Regenmenge gerechnet werden. Die geringe Signifikanz bedeutet allerdings, dass Ausreißer, d.h. Einzelmonate mit stärkeren Regenmengen, relativ wahrscheinlich sind. Abgesehen von

Tab. 3: Änderung der Monatsmittel der Temperatur sowie des absoluten Minimums in Weinsberg; Trend in den Jahren 1953 bis 2007

	Temperatur (K)		
	jährlich	in 54 Jahren ^{§§}	Signifikanz [§]
<i>absolutes Minimum</i>	<i>0,086</i>	<i>4,3</i>	<i>*</i>
Januar	0,045	2,3	*
Februar	0,051	2,6	+
März	0,035	1,8	+
April	0,029	1,5	*
Mai	0,039	2,0	**
Juni	0,033	1,7	*
Juli	0,045	2,3	**
August	0,055	2,8	**
September	0,014	0,7	n.s.
Oktober	0,028	1,4	*
November	0,021	1,1	n.s.
Dezember	0,027	1,4	n.s.

[§] signifikant korrelierte Irrtumswahrscheinlichkeit ** < 1 %; * < 5 %; + < 10 %; n.s. = nicht signifikant

^{§§} Erwartungswerte (d.h. zu berücksichtigende Veränderung)

K = Kelvin

dieser schwachen Tendenz ist jedoch keine Veränderung bei den Niederschlägen erkennbar.

Temperaturen

Im Gegensatz zu den Niederschlägen gibt es bei den Temperaturen erhebliche Veränderungen. Besonders stark angestiegen ist das absolute Minimum. So ergab der Trend der letzten 50 Jahre einen Anstieg um mehr als 4 K (Tab. 3). Dass insbesondere die Winter wesentlich milder geworden sind, zeigt auch der signifikante Trend der Temperaturen im Januar. Für diesen Monat kann heute mit um 2 K höheren Durchschnittstemperaturen gegenüber der Mitte des letzten Jahrhunderts gerechnet werden. Dabei ist der Anstieg in den letzten 29 Jahren besonders stark ausgeprägt (Tab. 4). Tendenziell wärmer wurde es auch im Februar, die geringe Signifikanz deutet jedoch auch hier auf erhebliche Ausreißer hin. Letztlich bedeutet dies eine zunehmende Wahrscheinlichkeit extremer Temperaturexprägungen, sowohl extrem kalte als auch extrem warme Verhältnisse scheinen zuzunehmen. Relativ gering ist der Temperaturanstieg im März, sowohl über 50 Jahre als auch über 29 Jahre betrachtet.

In den letzten 29 Jahren fällt vor allem eine deutliche Steigerung der Temperaturen im Zeitraum April bis Juni auf. Der Anstieg für den Monat April ist hoch signifikant. In diesem Monat scheinen die Temperaturen generell und deutlich zugenommen zu haben. Beson-

Tab. 4: Änderung der Monatsmittel der Temperatur sowie des absoluten Minimums in Weinsberg; Trend in den Jahren 1979 bis 2007

	Temperatur (K)		
	jährlich	in 29 Jahren ^{§§}	Signifikanz [§]
<i>absolutes Minimum</i>	<i>0,066</i>	<i>1,9</i>	<i>n.s.</i>
Januar	0,111	3,2	+
Februar	0,107	3,1	n.s.
März	0,029	0,8	+
April	0,099	2,9	**
Mai	0,074	2,1	*
Juni	0,098	2,8	*
Juli	0,040	1,2	n.s.
August	0,033	1,0	n.s.
September	0,003	0,1	n.s.
Oktober	0,048	1,4	n.s.
November	0,065	1,9	n.s.
Dezember	-0,002	-0,1	n.s.

[§] signifikant korrelierte Irrtumswahrscheinlichkeit ** < 1 %; * < 5 %; + < 10 %; n.s. = nicht signifikant

^{§§} Erwartungswerte (d.h. zu berücksichtigende Veränderung)

K = Kelvin

ders ausgeprägt ist der Trend zu höheren Temperaturen im 50-jährigen Zeitraum beim Monat Mai. Zwar stiegen die Temperaturen im letzten halben Jahrhundert tendenziell nur um 2 K an, doch lässt die sehr hohe Signifikanz dieses Trends auf eine nachhaltige regelmäßig auftretende Erwärmung mit sehr seltenen Abweichungen schließen.

Besonders klare, hoch signifikante Trends wurden bei Betrachtung der letzten 50 Jahre für die Monate Juli und August berechnet. In dieser Zeitspanne betrug der Anstieg der Temperaturen im Juli 2,3 K und im August 2,8 K. Beide Trends sind hoch signifikant. Allerdings ist nun seit den 1980er Jahren eine Abschwächung eingetreten. Daher wurde für die letzten Jahrzehnte kein signifikanter Trend gefunden.

Der für den Weinbau besonders wichtige Monat September, in dem die Trauben hauptsächlich reifen, fällt völlig aus dieser Reihe heraus. Im September gab es keinen signifikanten Anstieg der Temperaturen. Für die Herstellung fruchtiger Weißweine mit feinem Säurespiel ist es sicher ein großer Vorteil, dass gerade in diesem Monat der Temperaturanstieg am geringsten ist. Auch im Oktober ist die gefundene Temperaturerhöhung sowohl über 29 Jahre als auch über 50 Jahre mit jeweils 1,4 K noch moderat.

Einflüsse auf die Rebe

Wie oben dargestellt, sind die Monate April, Mai und Juni durch eine besonders starke Erwärmung gekennzeichnet. Die erhöhten Temperaturen in diesem Zeitraum begünstigen einen frühen Austrieb und eine rasche Anfangsentwicklung der Rebstöcke. Während in den Siebzigerjahren der Austrieb Anfang Mai einsetzte, kann heute in der Regel Mitte April mit dem Austrieb der Reben gerechnet werden. Auch die Blüte hat sich deutlich nach vorne verlagert. Im Jahr 2007 trat sie zwar extrem früh ein, aber schon über viele Jahre hat sich der Blütetermin kontinuierlich von Ende Juni in die erste Junihälfte verschoben. Die Reife der Trauben, hier beispielhaft an der Sorte 'Riesling' aufgezeigt (Tab. 5), hatte in den siebziger Jahren in der Regel Anfang

Tab. 5: Früherer Eintritt der Entwicklungsstadien bei der Sorte 'Riesling'; Trend in den Jahren 1979 bis 2007

Entwicklungsstadium	Tage
Austrieb	16
Vollblüte	18
Reifebeginn	18
Lese	16

September begonnen. Mittlerweile tritt der Reifebeginn ab Mitte August ein.

Vor 1980 fand die Lese der Riesling-Trauben meist Ende Oktober bis Anfang November statt. Heute wird man in diesem Zeitraum kaum noch Riesling-Trauben finden, sie werden in der Regel in der ersten Oktoberhälfte geerntet. Insgesamt gesehen läuft die Entwicklung der Rebe also um etwa 16 bis 18 Tage früher ab als vor 30 Jahren. Diese Verschiebungen decken sich mit den Ergebnissen von DEFILA (2003) für die Schweiz oder den Berechnungen von HÖNIG und SCHWAPPACH (2003) für Franken. Über eine deutliche Verfrühung des Lesetermins im Rheingau hat STOCK (2003) berichtet.

Allerdings muss angemerkt werden, dass der Lesetermin kein genereller Parameter ist, um die Beschleunigung des Vegetationsverlaufs zu erfassen. Veränderungen des Sortenspektrums und der Anbautechnik sowie Änderungen der Produktionsziele haben hier einen überprägenden Einfluss.

Die verlängerte Vegetationszeit der Reben verändert jedoch nicht nur die Reifebedingungen. Die Rebe wird zudem in die Lage versetzt, durch längere Assimilation mehr Energie zu gewinnen. Während vor 30 Jahren der Laubfall meist während der Traubenlese eingesetzt hat, können die Reben heute in den meisten Jahren noch längere Zeit ohne die Belastung durch Trauben weitere Energiereserven sammeln und einlagern. Von dieser Energie profitieren die Reben in der Phase vom Rebenaustrieb bis zur Blüte. Die Rebstöcke können ungünstige, kalte und sonnenarme Perioden wesentlich besser überstehen. Die Konsequenzen sind eine deutlich geringere Verrieselungsneigung, ein guter Beerenansatz und die Ausbildung von kompakteren Trauben. Die Reben werden insgesamt vitaler, ihre Leistungsfähigkeit nimmt deutlich zu. Die Zahl und die Größe der Gescheine hat dadurch bei genetisch unverändertem Pflanzenmaterial in den letzten 30 Jahren deutlich zugenommen. Besonders auffällig sind diese geänderten Verhältnisse bei den von Natur aus zu Kompaktheit neigenden Sorten 'Schwarzriesling', 'Spätburgunder' und 'Riesling' (KAST, 2007).

Klimatische Veränderungen in der Reife-phase

Im Monat September und damit in der Hauptreifezeit haben sich die Temperaturen nur wenig geändert. Trotzdem reifen die Trauben heute unter völlig anderen Bedingungen als noch vor 30 Jahren. Durch den früheren Reifebeginn verlagert sich die Reifeperiode in einen

Zeitraum, in dem die Temperaturen deutlich höher sind (Tab. 3). Diese Verlagerung des Reifebeginns in den August, in dem die Temperaturen seit 1979 nur um 1 K angestiegen sind, bewirkt doch eine um insgesamt 4 K höhere Temperatur in der Reifeperiode, da bei der jetzt zu erwartenden früheren Reifephase die Durchschnittstemperaturen um ca. 3 K höher liegen. Der Einfluss des Temperaturanstiegs in den Monaten April bis Juni auf die Reifebedingungen ist also wesentlich bedeutsamer als der geringe Temperaturanstieg in den Monaten September und Oktober. Um 4 K höhere Temperaturen bedeuten letztendlich, aus der Sicht der Sechziger- und Siebzigerjahre gesehen, quasi mediterrane Verhältnisse, allerdings nicht in Kombination mit den im Mittelmeerraum geringen Sommerniederschlägen. Die wärmeren Bedingungen bei gleichbleibender Niederschlagsmenge vergrößern aber die Gefahr des Befalls durch Fäulniserreger und insbesondere wärmeliebende Schimmelpilzerreger, wie etwa *Penicillium*-Arten und die Erreger der Essigfäule, während der Reife erheblich (LORENZ, 2000; MOHR, 2005). Da diese Schaderreger verletzte Beeren für Infektionen benötigen, potenziert sich das Problem durch die kompakter gewordenen Trauben.

Schlussfolgerungen

Die mittlerweile eingetretene Temperaturerhöhung hat im Anbaugebiet Württemberg die phänologischen Phasen der Rebe nach vorne verlagert. Insbesondere die wärmer gewordenen Frühjahrsmonate April und Mai führen zu einer Beschleunigung der Rebentwicklung und einem Reifebeginn bei hohen Temperaturen. Die Gefahr des Befalls durch Fäulniserreger hat sich da-

durch verstärkt. Die verlängerte Vegetationsperiode ermöglicht eine verbesserte Reservestoffeinlagerung. Diese gesteigerte Vitalität und damit die großen Reserven beim Austrieb bewirken eine deutlich gesteigerte Ertragerwartung auch bei wesentlich kürzerem Anschnitt. Die Reduktion der daraus folgenden Überträge zur Qualitätssteigerung verstärkt die Tendenz zu Kompaktheit der Trauben zusätzlich und steigert auch weiter die Vitalität der Reben. Kompakte Trauben haben sich deshalb zu einem großen Qualitätsproblem entwickelt.

Literatur

- DEFILA, C. 2003: Klimaerwärmung und Phänologie der Rebe. Schweiz. Z. Obst- und Weinbau 139(20): 9-11
- HÖNIG, P. und SCHWAPPACH, P. 2003: Klimaänderung: Wie reagiert die Rebe? Rebe und Wein 56(11): 23-25
- KAST, W.K. 2007: Kompakte Trauben - ein unlösbares Problem? Dt. Weinbau (14): 34-35
- LORENZ, D. 2000: Jahrgang 2000 - Eine Story von Essigfäule, Grünfäule, Drosophila & Co. Dt. Weinmagazin (7): 22-26
- MOHR, H. D. (2005): Farbatlas - Krankheiten, Schädlinge und Nützlinge an der Weinrebe (Hrsgg. von Horst Diedrich Mohr). - Stuttgart: Ulmer, 2005
- RUPP, D. 2004: Künftig mehr Extremjahre? Klima-Workshop bei der LVWO Weinsberg. Rebe und Wein 57(2): 17-19
- STOCK, M. 2003: Klimafolgenforschung. Mögliche Auswirkungen von Klimaänderungen auf die Gesellschaft. Z. Umweltchem. Ökotox. 15(4): 251-261

Manuskript eingelangt am 9. März 2009