

## Einfluß der Traubentemperatur auf Beerenwachstum und Beerenreife der Rebsorte Sylvaner

von

M. KLENERT, A. RAPP und G. ALLEWELDT

### Influence of grape temperature on growth and maturity of Sylvaner berries

**S u m m a r y .** — 1. In the years from 1970 to 1973 investigations were carried out on the effects of moderately heating individual grapes of Sylvaner during development stages I-III (end of flowering until the beginning of sugar accumulation) and IV (phase of sugar accumulation). The heating effected a medium rise in temperature of the grapes by 2—5 °C (stages I-III) and by 3—6 °C (stage IV), respectively.

2. A rise in temperature during stages I-III increased the per-berry weight by 0.18 g on an average and the content of free titratable acid by 2.3 g/l. The increase in the acid content is due to an enhanced production of malic acid.

3. A rise in temperature during stage IV of berry development increased the per-berry weight only in the cool year 1972, whereas the content of sugar in the berries was increased by 7 ‰ and the content of free titratable acid was diminished by 2.1 g/l on an average. The decrease in acid is mainly due to a forced decomposition of malic acid.

4. An after-effect of higher temperatures during stages I-III on the metabolism during stage IV is recognizable. It is manifested in the increase of the acid maximum and in an advanced stage IV of berry development.

### Einleitung

Über den Einfluß der Temperatur auf Wachstum und Reife der Weinbeeren liegen viele Einzeluntersuchungen vor (HOFÄCKER *et al.* 1976; daselbst weitere Literatur). Diesen ist gemeinsam, daß sie ausschließlich den mittelbaren Temperatureinfluß auf die Weinbeere aufzeigen, d. h. die Wirkung der Temperatur auf die Gesamtpflanze, nicht aber den unmittelbaren Einfluß der Temperatur auf den Stoffwechsel der Beere. Schon MÜLLER-THURGAU (1883) stellte die Frage, ob auch die unmittelbare Temperatureinwirkung auf die Reife der Beere einen Einfluß ausübt. Hiervon ausgehend erwärmte RADLER (1965) einzelne Trauben auf 33 °C und stellte ein vermindertes Beerenwachstum fest, nicht indes einen Einfluß auf den Zucker- und Säuregehalt der Weinbeere. Andere Autoren (RANKINE *et al.* 1962, SHAULIS *et al.* 1966, KLIEWER und LIDER 1968, KLIEWER und ANTCLIFF 1970, KOBLET *et al.* 1977) haben den Reifeverlauf besonnener und beschatteter Trauben verglichen und Unterschiede aufzeigen können, die aber nicht allein auf Temperaturveränderungen, sondern auch auf die Wirkung des Lichtes zurückzuführen sein dürften. Unter diesen Gegebenheiten erschien es sinnvoll, durch eine Traubenbeheizung den direkten Einfluß unterschiedlicher Temperaturen auf den Reifeverlauf der Weinbeeren in Abhängigkeit von den Wachstumsphasen der Beere zu ermitteln.

### Material und Methoden

Als Versuchspflanzen dienten 15jährige Reben der Sorte Silvaner. In 4 aufeinanderfolgenden Versuchsjahren (1970—1973) wurden je Variante 12—14 ausgesuchte Trauben in elektrisch beheizbare, licht- und luftdurchlässige Plastikhülsen gehängt.<sup>1)</sup> In den Versuchsjahren 1970 und 1971 wurden auch die Kontrolltrauben mit nicht beheizten Hülsen gleicher Form umgeben. Alle Trauben waren auf der Nordseite der Rebstöcke inseriert, um eine Temperaturbeeinflussung durch direktes Sonnenlicht auszuschalten.

Die Beheizung der Trauben wurde in verschiedenen Wachstumsphasen der Beere durchgeführt: Vom Beerenansatz bis zum Weichwerden der Beere (Phasen I—III), vom Beerenansatz bis zur Reife (Phasen I—IV) und während der Reifephase IV, d. h. vom Weichwerden der Beeren bis zur Reife. Die Aufarbeitung der Trauben erfolgte nach der Beheizung bzw. zum Zeitpunkt der Reife. Die Behandlungstermine sind in Tabelle 1 aufgeführt.

Tabelle 1

Termine der Traubenentwicklung und der Beheizung in den Versuchsjahren 1970—1973  
Dates of grape development and of heating in the years 1970—1973

Jahr	Blühende <sup>1)</sup>	Weichwerden der Beeren <sup>2)</sup> (Beginn Phase IV)	Beginn der Beheizung		Ende der Beheizung	
			Varianten 1, 2, und 4 <sup>3)</sup>	Variante 3	Varianten 1 und 2	Varianten 3 und 4
1970	6. 7.	25. 8.	20. 7.	28. 8.	28. 8.	30. 9.
1971	29. 6.	12. 8.	14. 7.	14. 8.	13. 8.	16. 9.
1972	16. 7.	27. 8.	25. 7.	31. 8.	25. 8.	3. 10.
1973	1. 7.	12. 8.	10. 7.	15. 8.	9. 8.	21. 9.

<sup>1)</sup> Gescheine zu etwa 90 % abgeblüht.

<sup>2)</sup> Weniger als 5 % der Beeren sind weich (unbeheizte Kontrolltrauben).

<sup>3)</sup> Erläuterungen zu den Varianten siehe Tabelle 3.

Die Beheizung der Trauben hatte im wesentlichen eine nächtliche Temperaturerhöhung zur Folge, wobei versucht wurde, die Temperatur im Innenraum der Hülse nicht unter etwa 20 °C abfallen zu lassen. Die Temperaturmittelwerte während der Versuchsperioden sind der Tabelle 2 zu entnehmen, aus der hervorgeht, daß durch die Beheizung eine mittlere nächtliche Temperaturerhöhung in den Wachstumsphasen I—III um 4—6 °C und in der Phase IV um 5—8 °C eintrat. Tagsüber konnte nur im sehr kühlen Versuchsjahr 1972 eine ähnlich starke Temperaturerhöhung erzielt werden.

Aus dem Saft von jeweils 100 g Beeren wurden das Mostgewicht in °Oe, die freie titrierbare Säure, die Gesamtsäure, die Weinsäure nach REBBLEIN (1963) und die Äpfelsäure (enzymatisch) bestimmt.

<sup>1)</sup> Wir danken Herrn ULLEMEYER für die Entwicklung, Installation und technische Betreuung der Beheizungsanlage.

## Ergebnisse

### 1. Das Beerengewicht

Das Beheizen der Trauben während der Wachstumsphasen I—III der Beere erhöhte im Mittel der 4 Versuchsjahre das Beerengewicht um 0,18 g bzw. 17 % (Tabelle 3). Diese positive Differenz blieb auch dann noch erhalten, wenn die in den Phasen I—III beheizten Trauben in Phase IV den natürlichen Temperaturbedingungen unterlagen (Variante 2). Hingegen übte die alleinige Beheizung während der Reifephase IV einen wesentlich geringeren Einfluß auf das Einzelbeerengewicht aus, der nur im klimatisch ungünstigen Versuchsjahr 1972 mit einer mittleren Nachttemperatur von nur 10 °C und einer mittleren Tagestemperatur von nur 14 °C (Tabelle 2) mit einem höheren Beerengewicht von 0,33 g bzw. 19 % erkennbar wurde. Überraschend ist die Feststellung, daß durchgehende Beheizung während der Phasen I—IV (Variante 4) mit 10 % Zuwachs keine so starke Auswirkung auf die Beerengröße bringt wie man dies durch Addition der Ergebnisse aus Varianten 1 (bzw. 2) und 3 mit Heizung in Phasen I—III und Phase IV erwarten könnte.

### 2. Der Säuregehalt der Weinbeeren

Die Erhöhung der Traubentemperatur in den Wachstumsphasen I—III führt zu einer durchschnittlichen Vermehrung der freien titrierbaren Säure um 2,3 ‰ (7 %), der Gesamtsäure um 2,8 ‰ (8 %) und der Gesamtsäure je Beere um 8,2 mg (29 %). Dieser säureerhöhende Effekt der Temperatur macht sich noch in den reifen Beeren bemerkbar, auch wenn die Trauben in der Reifephase IV keine weitere Temperaturbehandlung erfahren (Tabelle 4, Variante 2) und auch dann, wenn die natürlichen Temperaturbedingungen in Phase IV extrem verschieden sind (1972 10—14 °C, 1973 17—22 °C; siehe Tabelle 2).

Erwartungsgemäß führt eine Temperaturerhöhung in der Reifephase IV (Varianten 3 und 4) zu einem rascheren Säureabbau. Dieser Effekt kann mitunter größer sein als der positive Einfluß der Temperatur auf die Säurezunahme in den Wachstumsphasen I—III der Beere (vgl. Variante 4, Tabelle 4); die Temperaturwirkungen können sich aber auch, wie der Gehalt der Beere an Gesamtsäure zeigt, gegenseitig aufheben.

Aufgrund der bisherigen Kenntnisse über den Säurestoffwechsel reifender Weinbeeren (HALE 1962, HARDY 1968, KLIEWER 1964, 1971, WEJNAR 1965, RUFFNER und KLIEWER 1975) ist es naheliegend, einen unterschiedlichen Einfluß der Traubentemperatur auf Äpfel- und Weinsäure anzunehmen. Dieser Frage wurde in den Versuchsjahren 1972 und 1973 nachgegangen (Tabelle 5). In der Tat ist ein wesentlich deutlicher Einfluß der Temperatur auf den Äpfelsäurestoffwechsel erkennbar als auf den der Weinsäure. So ist die säuresteigernde Wirkung höherer Temperaturen in den Wachstumsphasen I—III der Beere vor allem auf einen Anstieg im Äpfelsäuregehalt zurückzuführen, während der Gehalt der Weinbeere an Weinsäure eher vermindert ist. Auch die Säureabnahme in der Reifephase IV unter dem Einfluß höherer Temperaturen ist hauptsächlich durch einen intensiveren Abbau der Äpfelsäure, 1972 offensichtlich auch der Weinsäure, bedingt.

### 3. Der Zuckergehalt der Weinbeeren

Die Wachstumsphasen I—III der Weinbeere sind neben einer Säureakkumulation noch dadurch gekennzeichnet, daß keine Zunahme an Zucker eintritt. Dementsprechend konnte die Temperatur in diesen Phasen auch keinen Einfluß auf das

Tabelle 2  
Die Dauer der Versuchsperioden und die mittlere Temperatur der Trauben während der Versuchsperioden  
Duration of the investigation periods and mean temperatures of the grapes during these periods

Jahr	Dauer (d)	Wachstumsphasen I-III				Dauer (d)	Wachstumsphase IV							
		Tag-		Nacht-			Tag-		Nacht-					
		K <sup>1)</sup>	beheizt	K	beheizt		K	beheizt	K	beheizt				
1970	39	23	24	+1	16	20	+4	33	20	22	+2	14	20	+6
1971	30	25	25	0	17	21	+4	32	20	20	0	15	20	+5
1972	31	20	24	+4	15	21	+6	34	14	21	+7	10	18	+8
1973	30	20	23	+3	16	22	+6	37	22	25	+3	17	23	+6
$\bar{x}$	33	22	24	+2	16	21	+5	34	19	22	+3	14	20	+6

<sup>1)</sup> Tag: 6.00-18.00 Uhr; Nacht: 18.00-6.00 Uhr. — <sup>2)</sup> Kontrolle, unbehandelt.

Tabelle 3  
Einfluß der Traubentemperatur auf das Einzelbeeren-gewicht in g  
Influence of grape temperature on the per-berry weight (g)

Jahr	K <sup>1)</sup>	Varianten														
		Nr. 1				Nr. 2				Nr. 3				Nr. 4		
		beheizt in Phasen I-III <sup>2)</sup>		Diff.		beheizt in Phasen I-III <sup>2)</sup>		Diff.		beheizt in Phase IV		Diff.		beheizt in Phasen I-IV		Diff.
1970	0,95	1,10	+0,15	—	—	1,81	1,76	-0,05	1,75	1,87	+0,12	—	—	—	—	—
1971	1,02	1,13	+0,12	1,69	+0,26	1,76	1,80	+0,04	1,73	1,95	+0,22	—	—	—	—	—
1972	1,10	1,29	+0,19	1,71	+0,28	1,74	2,07	+0,33	1,79	2,00	+0,21	—	—	—	—	—
1973	1,20	1,50	+0,30	2,28	+0,28	2,29	2,32	+0,03	—	—	—	—	—	—	—	—
$\bar{x}$	1,07	1,25	+0,18	1,89	+0,28	1,88	1,99	+0,11	1,76	1,94	+0,18	—	—	—	—	—
%	100	117	+17	100	+17	100	106	+6	100	110	+10	—	—	—	—	—

<sup>1)</sup> Kontrolle, unbehandelt. — <sup>2)</sup> Aufarbeitung der Trauben nach Phase III. — <sup>3)</sup> Aufarbeitung der Trauben nach Phase IV.

Tabelle 4  
Einfluß der Traubentemperatur auf den Gehalt der Weinbeeren an freier titrierbarer Säure und an Gesamtsäure  
Influence of grape temperature on the content of free titratable acid and total acid in grape berries

Jahr	Varianten									
	Nr. 1		Nr. 2		Nr. 3		Nr. 4			
	K <sup>1)</sup>	beheizt in Phasen I—III <sup>f</sup>	K	beheizt in Phasen I—III <sup>f</sup>	K	beheizt in Phase IV	K	beheizt in Phasen I—IV	K	beheizt in Phasen I—IV
	Freie titrierbare Säure (‰/100)									
1970	32,9	34,7	—	—	10,7	10,0	11,8	11,6	—	—
1971	33,6	33,8	11,8	12,2	12,0	10,2	12,0	11,7	12,0	11,7
1972	30,3	34,3	16,5	17,2	15,7	10,7	16,9	12,7	16,9	12,7
1973	33,0	36,1	9,8	10,5	9,7	9,5	—	—	—	—
$\bar{x}$	32,4	34,7	12,7	13,3	12,2	10,1	13,6	12,0	13,6	12,0
%	100	107	100	105	100	83	100	88	100	88
	Gesamtsäure (‰/100)									
1970	36,4	38,6	—	—	16,0	15,4	17,2	16,8	—	—
1971	38,3	38,4	16,4	17,1	17,3	15,6	17,4	17,2	17,4	17,2
1972	34,0	38,4	21,6	22,3	20,9	16,1	21,5	18,4	21,5	18,4
1973	37,4	41,8	14,5	15,7	14,5	14,5	—	—	—	—
$\bar{x}$	36,5	39,3	17,5	18,4	17,2	15,4	18,7	17,4	18,7	17,4
%	100	108	100	105	100	90	100	93	100	93
	Gesamtsäure/Beere (mg)									
1970	24,4	29,7	—	—	18,8	17,8	19,6	20,4	—	—
1971	26,7	30,5	17,2	20,7	18,9	17,4	18,4	20,5	18,4	20,5
1972	30,5	41,0	22,9	27,6	22,4	20,5	23,7	22,4	23,7	22,4
1973	29,4	42,9	19,2	22,9	19,6	19,8	—	—	—	—
$\bar{x}$	27,8	36,0	19,8	23,7	19,9	18,9	20,6	21,1	20,6	21,1
%	100	129	100	120	100	95	100	102	100	102

<sup>1)</sup> Kontrolle, unbehandelt. — <sup>2)</sup> Aufarbeitung der Trauben nach Phase III. — <sup>3)</sup> Aufarbeitung der Trauben nach Phase IV.

Mostgewicht ausüben (Tabelle 6, Variante 1); überraschend aber ist das Ergebnis, daß bei der Lese das Mostgewicht dann stets erhöht war, im Mittel um 4 ‰ (Variante 2). Eine stärkere Mostgewichtszunahme (um 9—13 %) trat allerdings durch Temperaturerhöhung in Phase IV ein; besonders deutlich war dieser Effekt 1972 mit 12 ‰ (Variante 3) bzw. 18 ‰ (Variante 4).

### Diskussion

Die über mehrere Jahre durchgeführten Untersuchungen haben gezeigt, daß 1) ein unmittelbarer Einfluß der Temperatur auf Wachstum und Stoffwechsel reifer Weinbeeren nachzuweisen ist, 2) dieser Einfluß vom entwicklungsphysiologischen Zustand der Beeren abhängig ist und 3) die an der Reife beteiligten und in den vorliegenden Untersuchungen gemessenen Prozesse eine unterschiedliche Temperatursensibilität besitzen. Es ist jedoch davon auszugehen, daß das Ausmaß der unmittelbaren Temperaturwirkung auf die Beeren vom temperaturabhängigen Wachstum aller anderen Reborgane mitbestimmt wird; denn die für die Stoffwechselfvorgänge in den Beeren erforderlichen Substanzen und Vorstufen müssen aus den vegetativen Organen der Rebe einfließen. Dieser Hinweis bedeutet, daß die vorgelegten Versuchsergebnisse unter Berücksichtigung der auf die vegetativen Organe einwirkenden Temperaturen in den Versuchsjahren zu interpretieren sind. So ist erkennbar, daß höhere Temperaturen vor allem in den Wachstumsphasen I—III, in denen die Zellteilungsvorgänge ablaufen und zu einem Abschluß kommen (HARRIS *et al.* 1968), das Einzelbeeregewicht zu erhöhen vermögen. Dieser positive Effekt bleibt auch dann erhalten, wenn die Trauben nach der Wärmebehandlung normalen Außentemperaturen unterworfen werden. Zwar ist ein entsprechender Effekt der Temperatur auf das Beeregewicht auch in der Reifephase IV gegeben, jedoch allgemein viel schwächer ausgeprägt. Lediglich im kühlen Jahr 1972 mit einer Durchschnittstemperatur von nur 14 °C ist der Temperatureffekt deutlich ausgeprägt. Zu gleichen Ergebnissen gelangten auch TUKEY (1958) und weitere Autoren (MAY und ANTCLIFF 1963, KLENERT 1974, SCHRADER *et al.* 1975), die zwischen der Standorttemperatur und der Ertragshöhe einen positiven Zusammenhang feststellten. Dem stehen jedoch andere Befunde (KOBAYASHI *et al.* 1965, 1967, KLIEWER und LIDER 1968, KLIEWER und ANTCLIFF 1970, KLIEWER und SCHULTZ 1973, ALJBURY *et al.* 1975), ebenso jene von RADLER (1965) gegenüber, die eine Verminderung des Beeregewichtes durch hohe Temperaturen beobachtet haben. Eine Analyse dieser Befunde läßt vermuten, daß die Temperaturen — bei RADLER (1965) +33 °C — oberhalb des Optimums lagen und deshalb Wachstumsdepressionen auftraten.

Welche Vorgänge, angeregt durch die Einwirkung höherer Temperaturen auf die Beeren, für die Erhöhung des Beeregewichtes unmittelbar verantwortlich sind, läßt sich aus den vorliegenden Daten nicht entnehmen. Es ist zu vermuten, daß zunächst die in den Phasen I—III stattfindenden Zellteilungsvorgänge stimuliert werden. Ebenso ist an eine gesteigerte Transpiration der jungen Beeren zu denken, in deren Gefolge die Wasser- und Nährstoffzufuhr intensiviert wird, sowie an einen beschleunigten Stoffwechsel, wie aus der Erhöhung des Säuregehaltes der Beere, besonders in den kühleren Jahren 1972 und 1973, zu entnehmen ist.

Der Anstieg der freien titrierbaren Säure in den Weinbeeren infolge Erhöhung der Beeren temperatur in den Phasen I—III ist vornehmlich durch eine Zunahme an Äpfelsäure bedingt. Auch andere Autoren konnten aus Schattierungsversuchen (KLENERT 1975; daselbst weitere Literatur) oder aus ökologischen Untersuchungen (HOFÄCKER *et al.* 1976, SCHRADER *et al.* 1976) einen positiven Effekt der Temperaturerhöhung auf die Säurezunahme in den ersten drei Phasen des Beerenwachstums deutlich machen. Wiederum gilt, daß die in Kalifornien beobachtete Säureverminderung durch höhere Temperaturen (KLIEWER und SCHULTZ 1964) vermutlich auf überoptimale Temperaturen zurückzuführen ist (KLIEWER 1964, LAKSO und KLIEWER 1975).

Daß der raschere Säurerückgang bei höheren Temperaturen während der Reifephase IV wiederum in erster Linie durch einen stärkeren Abbau der Äpfelsäure

Tabelle 5  
Einfluß der Traubentemperatur auf den Gehalt der Weinbeeren an Äpfelsäure und Weinsäure  
Influence of grape temperature on the content of malic acid and tartaric acid in grape berries

Jahr	Nr. 1				Nr. 2				Nr. 3				Nr. 4		
	K <sup>1)</sup>	beheizt in Phasen I—III <sup>2)</sup>			K	beheizt in Phasen I—III <sup>3)</sup>			K	beheizt in Phase IV			K	beheizt in Phasen I—IV	
1972	19,6	23,0			10,4	11,4			10,6	7,3			10,3	8,4	
1973	21,0	26,7			5,7	5,9			5,7	5,8			—	—	
$\bar{x}$	20,3	24,8			8,1	8,7			8,2	6,6			10,3	8,4	
%	100	122			100	107			100	80			100	82	
		Weinsäure (‰)													
1972	9,1	8,6			5,6	5,6			5,7	5,1			6,0	4,8	
1973	10,6	10,1			5,8	5,4			5,7	5,4			—	—	
$\bar{x}$	9,9	9,4			5,7	5,5			5,7	5,3			6,0	4,8	
%	100	95			100	96			100	93			100	80	

<sup>1)</sup> Kontrolle, unbehandelt.

<sup>2)</sup> Aufarbeitung der Trauben nach Phase III.

<sup>3)</sup> Aufarbeitung der Trauben nach Phase IV.

bedingt ist, steht in Übereinstimmung mit zahlreichen Einzelbeobachtungen (KLEWER 1964, 1971, WEINAR 1965, KLEWER und LIDER 1968, KLENERT 1975, SCHRADER *et al.* 1976, KOBLET *et al.* 1977). Dabei ist eine sicherlich zutreffende Erklärung für die Wirkung höherer Temperaturen auf den Säurerückgang in der Reifephase IV die raschere Veratmung der Äpfelsäure (RUFFNER und KLEWER 1975). Nur in geringem Umfange tritt durch die in unseren Versuchen gegebenen Temperaturen von durchschnittlich 18—25 °C auch eine Verminderung an Weinsäure ein (0,4 g/l).

Tabelle 6  
 Einfluß der Traubentemperatur auf das Mostgewicht und auf den Zuckergehalt der Beeren  
 Influence of grape temperature on total soluble solids and sugar content in the berries

Jahr	Varianten											
	Nr. 1			Nr. 2			Nr. 3			Nr. 4		
	K <sup>1)</sup>	beheizt in Phasen I—III <sup>2)</sup>	beheizt in Phasen I—III <sup>2)</sup>	K	beheizt in Phasen I—III <sup>2)</sup>	K	beheizt in Phase IV	K	beheizt in Phasen I—IV	K	beheizt in Phasen I—IV	
	Mostgewicht (°Oe)											
1970	20	22	—	—	78	84	80	80	89	80	89	
1971	20	20	79	82	73	79	78	78	80	78	80	
1972	16	17	67	69	72	84	68	68	86	68	86	
1973	18	19	82	89	82	84	—	—	—	—	—	
$\bar{x}$	19	20	76	80	76	83	75	75	85	75	85	
%	100	105	100	105	100	109	100	100	113	100	113	
	Zuckergehalt/Beere (mg)											
1970	—	—	—	—	212	217	208	208	252	208	252	
1971	—	—	185	224	179	203	191	191	222	191	222	
1972	—	—	157	191	172	244	158	158	242	158	242	
1973	—	—	248	302	253	264	—	—	—	—	—	
$\bar{x}$	—	—	197	239	204	232	186	186	239	186	239	
%	—	—	100	121	100	114	100	100	128	100	128	

<sup>1)</sup> Kontrolle, unbehandelt.  
<sup>2)</sup> Aufarbeitung der Trauben nach Phase III.  
<sup>3)</sup> Aufarbeitung der Trauben nach Phase IV.

Höhere Beerentemperaturen intensivieren demnach sowohl die Säurezunahme in den Phasen I—III als auch die Säureabnahme in der Reifephase IV. Infolgedessen ist der Säuregehalt jener Trauben, die nur in den ersten Phasen (I—III) beheizt wurden, später (in Phase IV) aber den normalen, also kühleren Temperaturbedingungen des Standortes ausgesetzt waren, höher als der von Trauben, die stets den natürlichen (kühleren) Temperaturen unterworfen waren. Der Säuregehalt der Beeren

bei der Lese wird mithin auch durch die Temperatur vor Beginn des Säureabbaus mitbestimmt. Oder: Je höher die Temperaturen in den ersten drei Wachstumsphasen liegen, um so höhere Temperaturen sind in der Reifephase IV notwendig, um den Säuregehalt entsprechend zu senken. So kommt es, daß bei gleicher Beeren-temperatur in Reifephase IV (vgl. Tabelle 4, Varianten Nr. 3 und 4) der Säuregehalt der stets beheizten Beeren (Variante Nr. 4) um durchschnittlich etwa 2 g/l höher liegt als jener der Variante Nr. 3, deren Beeren in den Phasen I—III kühleren Temperaturen ausgesetzt waren.

Tabelle 7

Übersicht über die Wirkung der Traubenbeheizung in den Wachstumsphasen I-III und IV auf das Beeregewicht und die Mostqualität. Alle Zahlenangaben sind Mittelwerte in % der Kontrollwerte (= 100 %)

Compiled data on the effects of moderate grape heating during development stages I-III and IV on berry weight and must quality. All data as mean values in per cent of the control values (100 per cent)

Parameter	Varianten		
	Nr. 2 beheizt in Phasen I—III	Nr. 3 beheizt in Phase IV	Nr. 4 beheizt in Phasen I—IV
Einzelbeeregewicht	115	106	110
freie titrierbare Säure	105	83	88
Gesamtsäure/Beere	120	95	102
Äpfelsäure	107	80	82
Weinsäure	96	93	80
Mostgewicht	105	109	113
Zucker/Beere	121	114	128

Besondere Aufmerksamkeit verdient der Effekt höherer Beeren-temperaturen auf den Zuckergehalt der Beeren. Daß die Erhöhung der Beeren-temperatur in den Phasen I—III, in denen kein Zucker in die Beeren eingelagert wird, dennoch den Zuckergehalt der Beeren bei der Lese anzuheben vermag, und zwar um durchschnittlich 4 ‰ bzw. um 42 mg Zucker/Beere, könnte darauf zurückzuführen sein, daß durch eine anfängliche Traubenbeheizung zugleich auch die Phasendauer um einige Tage verkürzt wurde, so daß die Reifephase IV vorverlegt und vermutlich in eine für die Zuckereinlagerung günstigere Witterungsperiode verschoben wurde. Zudem könnte diese Auswirkung einer Phasenverschiebung und der zuckererhöhende Einfluß der Traubenbeheizung in Phase IV auf die von RUFFNER *et al.* (1975) nachgewiesene Gluconeogenese zurückzuführen sein, wie dies bereits früher von DRAWERT und STEFFAN (1966) vermutet wurde. Diese Möglichkeit könnte auch bei dem nachweisbaren Effekt höherer Temperatur auf den Abbau der Äpfelsäure in der Reifephase IV eine Rolle spielen. Werden die Befunde der Traubenbeheizung in den Phasen I—III und IV zusammenfassend betrachtet, so ist, wie aus Tabelle 7 hervorgeht, der reifebesleunigende Effekt höherer Temperaturen in der Reifephase IV unverkennbar: Er zeigt sich in einer verminderten Säurekonzentration bei gleichzeitig höherem Zuckergehalt der Beeren. Hingegen führt eine Temperaturerhöhung in den Phasen I—III, also vor Beginn der Zuckereinlagerung in die Beeren, zu einem Mehr an Säure und Zucker.

### Zusammenfassung

1. In den Versuchsjahren 1970—1973 wurden einzelne Trauben der Rebsorte Silvaner in den Wachstumsphasen I—III (Blühende bis Beginn der Zuckereinlagerung) und IV (Phase der Zuckereinlagerung) beheizt. Die Beheizung bewirkte eine mittlere Temperaturerhöhung der Trauben um 2—5 °C (Phasen I—III) bzw. um 3—6 °C (Phase IV).

2. Ein Temperaturanstieg in den Phasen I—III erhöhte das Einzelbeerengewicht um durchschnittlich 0,18 g und den Gehalt an freier titrierbarer Säure um 2,3 g/l. Die Erhöhung des Säuregehaltes ist durch einen intensiveren Anstieg der Äpfelsäure bedingt.

3. Ein Temperaturanstieg in der Reifephase IV erhöhte nur im kühlen Versuchsjahr 1972 das Einzelbeerengewicht, während der Gehalt der Beeren an Zucker um 7 °Oe erhöht und der an freier titrierbarer Säure um durchschnittlich 2,1 g/l vermindert war. Die Säureverminderung ist hauptsächlich auf einen verstärkten Abbau an Äpfelsäure zurückzuführen.

4. Eine Nachwirkung höherer Temperaturen während der Phasen I—III auf die Stoffwechselfvorgänge in Phase IV ist erkennbar. Sie äußert sich in der Erhöhung des Säuremaximums und in einer Vorverlegung der Reifephase IV.

### Literatur

- ALJIBURY, F. K., BREWER, R., CHRISTENSEN, P. and KASIMATIS, A. N., 1975: Grape response to cooling with sprinklers. *Amer. J. Enol. Viticult.* 26, 214—217.
- DRAWERT, F. und STEFFAN, H., 1966: Biochemisch-physiologische Untersuchungen an Traubenbeeren. III. Stoffwechsel von zugeführten <sup>14</sup>C-Verbindungen und die Bedeutung des Zucker-Säure-Metabolismus für die Reifung von Traubenbeeren. *Vitis* 5, 377—384.
- HALB, C. R., 1962: Synthesis of organic acids in the fruit of the grape. *Nature* 195, 917—918.
- HARDY, P. J., 1968: Metabolism of sugars and organic acids in immature grape berries. *Plant Physiol.* 43, 224—228.
- HARRIS, J. M., KRIEDEMANN, P. E. and POSSINGHAM, J. V., 1968: Anatomical aspects of grape berry development. *Vitis* 7, 106—119.
- HOPFÄCKER, W., ALLEWELDT, G. und KHADER, S., 1976: Einfluß von Umweltfaktoren auf Beerenwachstum und Mostqualität bei der Rebe. *Vitis* 15, 96—112.
- KLENBERT, M., 1974: Künstliche Veränderung der meteorologischen Verhältnisse im Rebbestand und ihre Auswirkungen auf das Größenwachstum der Traubenbeeren. *Vitis* 13, 8—22.
- — —, 1975: Die Beeinflussung des Zucker- und Säuregehaltes von Traubenbeeren durch künstliche Veränderung der Umweltbedingungen. *Vitis* 13, 308—318.
- KLIEWER, W. M., 1964: Influence of environment on metabolism of organic acids and carbohydrates in *Vitis vinifera*. I. Temperature. *Plant Physiol.* 39, 869—880.
- — —, 1971: Effect of day temperature and light intensity on concentration of malic and tartaric acids in *Vitis vinifera* L. grapes. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 96, 372—377.
- — — and ANTCLIFF, A. J., 1970: Influence of defoliation, leaf darkening and cluster shading on the growth and composition of Sultan grapes. *Amer. J. Enol. Viticult.* 21, 26—36.
- — — and LIDBER, L. A., 1968: Influence of cluster exposure to the sun on the composition of Thompson Seedless fruit. *Amer. J. Enol. Viticult.* 19, 175—184.
- — — and SCHULTZ, H. B., 1964: Influence of environment on metabolism of organic acids and carbohydrates in *Vitis vinifera*. II. Light. *Amer. J. Enol. Viticult.* 15, 119—129.
- — — and — — —, 1973: Effect of sprinkler cooling of grapevines on fruit growth and composition. *Amer. J. Enol. Viticult.* 24, 17—26.
- KOBAYASHI, A., FUKUSHIMA, T., NIJ, N. and HARADA, K., 1967: Studies on the thermal conditions of grapes. VI. Effects of day and night temperatures on yield and quality of Delaware grapes. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 36, 373—378.

- — —, YUKINAGA, H. and MATSUNAGA, E., 1965: Studies on the thermal conditions of grapes. V. Berry growth, yield and quality of Muscat of Alexandria as affected by night temperature. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 34, 152—158.
- KOBLET, W., ZANIER, C., TANNER, H., VAUTIER, PH., SIMON, J. L. und GNÄGI, F., 1977: Reifeverlauf von Sonnen- und Schattentrauben. *Schweiz. Z. Obst- Weinbau* 113, 558—567.
- LAKSO, A. N. and KLEWER, W. M., 1975: The influence of temperature on malic acid metabolism in grape berries. *Plant Physiol.* 56, 370—372.
- MAY, P. and ANTCLIFF, A. J., 1963: The effect of shading on fruitfulness and yield in the Sultana. *J. Hort. Sci.* 38, 85—94.
- MÜLLER-THURGAU, H., 1883: Über den Einfluß der Belaubung des Weinstockes auf das Reifen der Trauben. *Ber. Verhandl. VII. Dt. Weinbau-Congr., Dürkheim a. d. Haardt, Sept. 1882.* Druck Friedrich Gutsch, Karlsruhe.
- RADLER, F., 1965: The effect of temperature on the ripening of Sultana grapes. *Amer. J. Enol. Viticult.* 16, 38—41.
- RANKINE, B. C., CELLIER, K. M. and BOEHM, E. W., 1962: Studies on grape variability and field sampling. *Amer. J. Enol. Viticult.* 13, 58—72.
- REBELEIN, H., 1963: Kolorimetrisches Verfahren zur gleichzeitigen Bestimmung der Weinsäure und der Milchsäure in Wein und Most. *Dt. Lebensm.-Rundsch.* 59, 129—132.
- RUPFNER, H. P., and KLEWER, W. M., 1975: Phosphoenolpyruvate carboxykinase activity in grape berries. *Plant Physiol.* 56, 67—71.
- — —, KOBLET, W. und RAST, D., 1975: Gluconeogenese in reifenden Beeren von *Vitis vinifera*. *Vitis* 13, 319—328.
- SCHRADER, U., LEMPERLE, E., BECKER, N. J. und BERGNER, K., 1975: Der Aminosäure-, Zucker-, Säure- und Mineralstoffgehalt von Weinbeeren in Abhängigkeit vom Klima des Standortes der Rebe. 1. Mitteilung: Zuckergehalt. *Wein-Wiss.* 30, 99—111.
- — —, — — —, — — —, — — —, 1976: Der Aminosäure-, Zucker-, Säure- und Mineralstoffgehalt von Weinbeeren in Abhängigkeit vom Kleinklima des Standortes der Rebe. 3. Mitteilung: Säure- und Mineralstoffgehalt. *Wein-Wiss.* 31, 160—175.
- SHAULIS, N., AMBERG, H. and CROWE, D., 1966: Response of Concord grapes to light exposure and Geneva double curtain training. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 89, 268—280.
- TUKEY, L. D., 1958: Effect of controlled temperatures following bloom on berry development of the Concord grape (*Vitis labrusca*). *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 71, 157—166.
- WEJNAR, R., 1965: Der Einfluß der Temperatur auf die Bildung von Zucker, Äpfelsäure und Weinsäure in Weintrauben. *Ber. Dt. Bot. Ges.* 78, 314—321.

Eingegangen am 25. 8. 1978

Dr. M. KLENERT  
 Dr. A. RAPP  
 Prof. Dr. G. ALLEWELDT  
 BFA für Rebenzüchtung Geilweilerhof  
 D 6741 Siebeldingen