

## Einfluß von Umweltfaktoren auf Beerenwachstum und Mostqualität bei der Rebe

von

W. HOFÄCKER<sup>1)</sup>, G. ALLEWELDT und S. KHADER<sup>2)</sup>

### Influence of environmental factors on berry growth and must quality of vines

**S u m m a r y .** — From 1970 to 1972, in 3 plots in Northern Württemberg, and that at Flein and Stetten a.H., berry growth and must quality of the cultivar Riesling were compared with the environmental factors temperature, light intensity and precipitation.

1. Berry growth, subdivided into 4 phases, showed a markedly significant dependence to precipitation. Only in phase IV the influence of precipitation diminished in favour of temperature and light intensity.
2. When achieving a must quality of 25 °Oe, i.e. during the end of phase III to the beginning of phase IV of berry growth, sugar accumulation started. In this connexion, there was a close positive relation to temperature, especially to the daily maximum temperature ( $r = +0,883$ ). However, in dry years (e.g. 1971), precipitation could also become a limiting factor. Light intensity was, mainly towards the end of the sugar accumulation, of importance; nevertheless, it was inferior to temperature with regard to its relevance.
3. Acid increase, time and period of acid maximum as well as the intensity of the decrease of acid content were very much dependent on temperature. With increasing temperature the above mentioned processes were accelerated. During the reduction of acid content the nearest relations to the soil temperatures ( $r = -0,883$ ) were found. As against temperature, the dependence on light intensity was inferior with  $r = -0,584$ . There was normally a positive correlation between precipitation and acid content, but it could also be observed that, as a result of rapid berry growth, the acid content decrease was accelerated by favourable soil moisture.

### 1. Einleitung

Experimentelle Ergebnisse über den Einfluß der Temperatur, der Lichtintensität, der Sonnenscheindauer, des Niederschlags und der Beregnung auf das Beerenwachstum liegen u. a. von MAY (1957), TUKEY (1958), MAY und ANTCLIFF (1963), KOBAYASHI *et al.* (1963, 1965 a—c, 1967), JONESCU (1968), KLIEWER und LIDER (1970), BUTT-ROSE *et al.* (1971), KLENERT (1972), POLAKOVIC und STEBERLA (1973) und KLIEWER (1973) vor.

Dem Reifungsverlauf bei Trauben sowie der Bildung von Inhaltsstoffen sind Untersuchungsreihen von WEGER und WANNER (1937), FERENCZI (1958), SCHULTZ und LIDER (1964), FERENCZI und TUZSON (1965), KOBLET und ZWICKY (1965), KRAUS (1966), KATARJAN und POTAPOW (1968), KOBAYASHI *et al.* (1968 a, b), POUX und AUBERT (1968) sowie NAKAMURA und ARIMA (1970) gewidmet. Metabolische Vorgänge in den Beeren und deren Abhängigkeit von Klimafaktoren wurden von GERBER (1897), AMERINE

<sup>1)</sup> Zweiter gekürzter Teil einer Dissertation des Fachbereichs Agrarbiologie der Universität Hohenheim (LH), 1974.

<sup>2)</sup> Prof. Dr. S. KHADER, Landwirtschaftliche Fakultät der Universität Amman, Amman/Jordanien.

(1956), KLIEWER und SCHULTZ (1964), ALECHIN (1965), WEJNAR (1965, 1967), HARDY (1968), KLIEWER und LIDER (1970), KLIEWER (1971, 1973), KLIEWER *et al.* (1972) sowie KLIEWER und SCHULTZ (1973) untersucht.

Für unseren Klimaraum werden allgemein enge positive Beziehungen von Temperatursummen und Sonnenscheindauer zum Mostgewicht und negative Beziehungen zur Säurehöhe angenommen. Den Niederschlägen werden z. T. gesicherte negative bzw. positive Korrelationen zu Mostgewicht und Säure zugesprochen. In der vorliegenden Darstellung wird in Fortsetzung der bereits erschienenen Veröffentlichung (ALLEWELDT und HOFÄCKER 1975) über den Einfluß von Umweltfaktoren auf Beerenwachstum und Beerenreife berichtet.

## 2. Material und Methoden

Die Untersuchungen erfolgten auf drei Standorten in Württemberg jeweils an der Sorte Riesling, gepfropft auf Kober 5 BB (vgl. ALLEWELDT und HOFÄCKER 1975). Das Beerenwachstum wurde mit Beginn der Beerenentwicklung in wöchentlichen Abständen verfolgt. Die dabei entnommene Stichprobe von jeweils ca. 200 Beeren wurde im Labor gezählt, verwogen und in einer hydraulischen Tinkturenpressen nach WALTER bei 150 atü abgepreßt. Nach Klärung des Preßsaftes erfolgte die Bestimmung des Zuckergehaltes in Grad Oechsle mit dem Handrefraktometer und mit der Mostwaage, sodann wurden die titrierbaren Säuren durch potentiometrische Titration bei pH 7,0 festgestellt und als Weinsäure berechnet (HENNIG 1962).

Verwendete Abkürzungen:

Flein S	= Flein Steinboden
Flein T	= Flein Tonboden
$t_0$	= mittlere Lufttemperatur (Traubenzone)
$T_0$	= Summe der mittleren Lufttemperaturen $> 0^\circ\text{C}$
$T_{10}$	= Summe der mittleren Lufttemperaturen $> 10^\circ\text{C}$
$T_{\max}$	= Summe der maximalen Lufttemperaturen
$T_{\min}$	= Summe der minimalen Lufttemperaturen
$BT_{20}$	= Summe der mittleren Bodentemperaturen in 20 cm Tiefe
$BT_{50}$	= Summe der mittleren Bodentemperaturen in 50 cm Tiefe
L	= Summe der Lichtintensitäten
N	= Summe der Niederschläge

## 3. Ergebnisse

### 3.1. Das Beerenwachstum

Der Verlauf des Beerenwachstums läßt sich, wie bereits von mehreren Autoren (WINKLER und WILLIAMS 1935, COOMBE 1960, GEISLER und RADLER 1963, HALE 1968, EICHORN 1971) beobachtet werden konnte, in bestimmte, stoffwechselphysiologischen Vorgängen zuzuordnende Phasen einteilen. So ist in den Phasen I und III nur eine geringe Größenzunahme der Beere festzustellen. Die bedeutungsvolle Phase III (vgl. Tabelle 1), in der, wie später noch gezeigt wird, der Säuregehalt abnimmt und — gegen Ende der Phase — Zucker in den Beeren abgelagert wird, tritt in der Zeit von Ende Juli bis Anfang September auf. Es fällt auf, daß jeweils kürzere Phasen I/II mit längeren Phasen III verbunden sind, wobei die mittlere Gesamtdauer bei 72 Tagen liegt und über Jahre und Orte eine Amplitude von 10 Tagen aufweist. Phase IV fällt auf dem Standort Stetten am kürzesten aus, jedoch ist bei allen

Tabelle 1

Die Dauer der Beerenwachstumsphasen (d) bei der Rebsorte Riesling  
Length of the berry growth phases (d) of the cultivar Riesling

Standort	Jahr	Wachstumsphasen				
		I/II	III	I—III	IV	I—IV
Flein-S	1970	60	14	74	55	129
	1971	47	25	72	64	136
	1972	55	20	75	47	122
	$\bar{x}$	54	20	74	55	129
Flein-T	1970	60	14	74	55	129
	1971	54	21	75	61	136
	1972	51	20	71	47	118
	$\bar{x}$	55	18	73	54	128
Stetten	1970	50	20	70	41	111
	1971	44	21	65	51	116
	1972	48	24	72	41	113
	$\bar{x}$	47	22	69	44	113

Tabelle 2

Die tägliche Gewichtszunahme der Beeren (mg) bei der Rebsorte Riesling in den Wachstumsphasen I/II und IV

Daily increase in weight of berries (mg) of the cultivar Riesling during the growth phases I/II and IV

Standort	Jahr							
	1970		1971		1972		$\bar{x}$	
	I/II	IV	I/II	IV	I/II	IV	I/II	IV
Flein-S	11,6	9,7	8,1	8,9	9,2	3,4	9,6	7,3
Flein-T	13,3	9,1	8,3	8,7	9,2	3,9	10,3	7,6
Stetten	13,6	14,3	9,1	10,4	8,2	5,4	10,3	10,0
$\bar{x}$	12,8	11,0	8,5	9,3	8,9	4,6	10,1	8,3

Standorten eine stark jahrgangsabhängige Dauer dieser Reifephase unverkennbar.

Ein weiteres Kriterium des Beerenwachstums ist die tägliche Gewichtszunahme in den Phasen I/II und IV (Tabelle 2). Außer im Jahre 1971 verlief das Beerenwachstum in Phase I/II rascher als in Phase IV. Auffallend ist das geringe Wachstum in Phase IV im Jahr 1972. Im Mittel der Jahre erreichte Stetten in beiden Phasen mit 10,3 bzw. 10,0 mg/d die höchste, der Steinboden in Flein mit 9,6 bzw. 7,3 mg/d die geringste Wachstumsgeschwindigkeit.

Die Unterschiede im Beerenwachstum zwischen den Standorten und Jahren, charakterisiert durch eine Phasenamplitude (I—IV) von 25 Tagen, eine tägliche Wachstumszunahme in den Phasen I/II von 8,5 (1971) bis 12,8 mg/d (1970) sowie ein Beerengewicht von 0,76 (1972) und 1,23 g (1970), dürften vor allem durch unterschiedliche Witterungseinflüsse hervorgerufen worden sein. Aus diesem Grunde wurden die Phasen der Beerengewichtszunahme 0—250, 0—500, 0—750 mg Beerengewicht (0 = Blühende) den erfaßten Klimawerten gegenübergestellt. Tabelle 3 zeigt, daß der Standort Stetten im Mittel der Jahre die geringste, der Steinboden in

Tabelle 3

Die Beziehungen zwischen Beerenwachstum und Standortklima bei der Rebsorte Riesling  
 Correlations between berry growth and location climate of the cultivar Riesling

Standort	mittlere Phasendauer d	mittlere Temperatur °C	mittlere Lichtintensität lx · h	mittlerer Niederschlag mm
0 <sup>1)</sup> —250 mg Beerengewicht				
Flein-S	25,6	20,2	2,9	0,9
Flein-T	25,6	18,8	3,0	1,0
Stetten	20,6	19,8	2,8	1,8
$\bar{x}$	24,0	19,6	2,9	1,3
0—500 mg Beerengewicht				
Flein-S	51,3	21,1	2,6	1,5
Flein-T	44,0	19,0	2,9	1,7
Stetten	39,3	19,6	2,3	2,0
$\bar{x}$	44,9	19,9	2,6	1,7
0—750 mg Beerengewicht				
Flein-S	77,3	19,7	2,5	1,6
Flein-T	64,0	18,3	2,8	1,6
Stetten	61,7	18,3	2,1	1,9
$\bar{x}$	67,7	18,7	2,5	1,7

<sup>1)</sup> 0 = Blühende

Tabelle 4

Multiple Regressionsanalyse des Beerenwachstums der Sorte Riesling von 100—1000 mg/Beere auf allen Standorten (1970—1972); y = mg Beerengewicht  
 Multiple regression analysis of berry growth of the cultivar Riesling, applied from 100 to 1000 mg/berry, in all locations (1970—1972); y = mg berry weight

Variable	partieller Regressionskoeffizient	T-Wert
Absolutglied	1,916	
L	+1,563	3,306*
T <sub>0</sub>	+0,441	2,208
T <sub>10</sub>	—0,830	—2,455
N	+3,830	6,295*
multiples B	0,921	

Flein die längste Dauer bis zum Erreichen der definierten Beerengewichte benötigt. Zum Ende der Phasen (0—250, 0—500, 0—750 mg Beerengewicht) ergeben sich dabei Verzögerungen von 5, 12 und 16 Tagen. Vergleicht man Phasendauer, mittlere Temperatur und Lichtintensität, so ist sehr häufig eine lange Phase mit höheren Temperaturen bzw. Lichtintensitäten verbunden und umgekehrt. Dies wird besonders zwischen Flein S und Stetten deutlich. Zum mittleren Niederschlag dagegen liegt folgende Abhängigkeit vor: lange Phasendauer bei geringer Niederschlagsmenge und kurze Phasendauer bei größerer Niederschlagsmenge. Demnach darf

Tabelle 5

Der Einfluß von Lichtintensität (L), Temperatur ( $t_0$ ) und Niederschlag (N) auf das Beerengewicht der Sorte Riesling (Korrelationskoeffizienten)  
 Influence of light intensity (L), temperature ( $t_0$ ) and precipitation (N) on berry weight of the cultivar Riesling (correlation coefficients)

Variable	Beerengewicht (mg)		
	100—500	250—750	500—1000
L	+0,320	+0,567	+0,565
$t_0$	+0,851	+0,822	+0,661
N	+0,848	+0,819	+0,504

Tabelle 6

Die Dauer der Zuckerrücknahme (d) von 25 bis 40 °Oe bei der Rebsorte Riesling  
 Period of sugar increase (d) from 25 to 40 °Oe of the cultivar Riesling

Jahr	Standort			$\bar{x}$	Amplitude
	Flein-S	Flein-T	Stetten		
1970	14	15	15	14,7	1
1971	12	9	12	11,0	3
1972	16	18	23	19,0	7
$\bar{x}$	14,0	14,0	16,7		
Amplitude	4	9	11		

angenommen werden, daß das Beerenwachstum sehr stark von den Feuchtigkeitsbedingungen beeinflußt wird, was auch durch die Ergebnisse des mittleren Beerengewichts bei der Lese bestätigt wird. Das Jahr 1968 mit den höchsten Einzelbeerengewichten (1,31 g) zeichnet sich durch überdurchschnittlich hohe Niederschläge und unterdurchschnittliche Temperaturen, 1971 mit den niedrigsten Beerengewichten (0,95 g) dagegen durch wenig Regen und hohe Temperaturen aus.

Auch den Ergebnissen der multiplen Regressionsanalyse in Tabelle 4 sowie den Korrelationskoeffizienten in Tabelle 5 ist zu entnehmen, daß auf den untersuchten Standorten der Wasserfaktor (Niederschlagsmenge) den stärksten Einfluß auf das Beerenwachstum ausübt. Daneben ist auch ein beachtlicher Einfluß der Lichtintensität erkennbar, während die Temperatur von geringerer Relevanz ist. Der negative partielle Regressionskoeffizient der Temperatursumme über 10 °C könnte im Zusammenhang mit einer Verminderung der Wasserversorgung bei steigender Temperatur verstanden werden. Insgesamt können über die erfaßten Klimakomponenten 92% ( $B = 0,921$ ) der Varianz des Beerenwachstums erklärt werden.

Die ermittelten einfachen Korrelationen (Tabelle 5) zeigen aber auch, daß zwischen den Klimaparametern und dem Beerenwachstum während verschiedener Phasen differenzierte Beziehungen bestehen. So wirken Temperatur und Niederschlag zu Anfang des Beerenwachstums (100—500 oder 250—750 mg) stärker als gegen Ende des Beerenwachstums (500—1000 mg), während zur Lichtintensität die umgekehrte Beziehung ermittelt wurde.

### 3.2. Die Mostqualität (Zucker- und Säurebildung)

In den Jahren 1970—1972 wurden die Zuckereinlagerung sowie die Säureakkumulation und der Säureabbau vom Blühende bis zur Ernte verfolgt (Abb. 1 A—C).

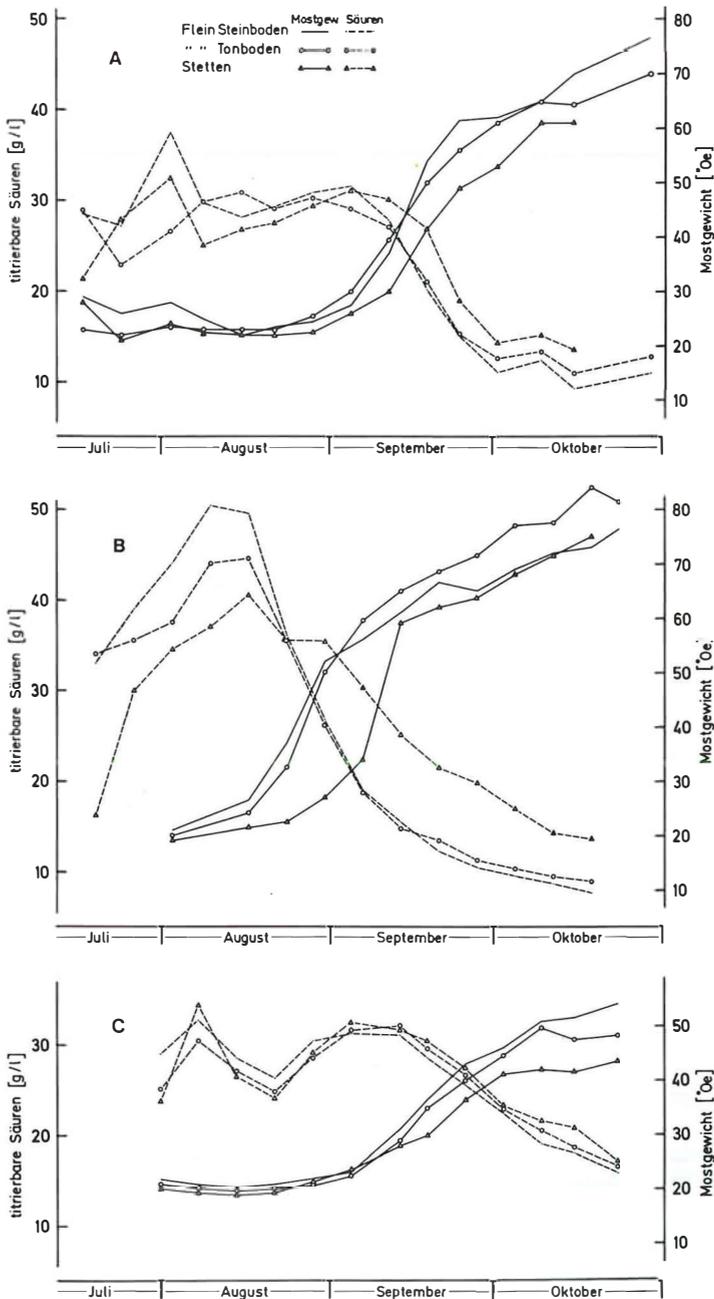


Abb. 1: Der Reifungsverlauf der Beeren bei der Rebsorte Riesling auf allen Standorten in den Jahren 1970 (A), 1971 (B) und 1972 (C).

Course of berry ripening of the cultivar Riesling in all locations in the years 1970 (A), 1971 (B) and 1972 (C).

Nach Beginn der Zuckereinlagerung setzt eine Periode mit einer raschen, nahezu linearen Zuckerzunahme in den Beeren ein. Als Kriterium der Einlagerungsgeschwindigkeit, die, wie Abb. 1 A—C bereits andeutet, sehr verschieden sein kann, eignet sich die Zeitdauer bis zum Erreichen eines bestimmten Schwellenwertes. Wegen des ungünstigen Jahrgangs 1972 wurde diese Grenze mit 40 °Oe recht niedrig festgelegt. Dennoch erlaubt auch diese — willkürliche — Fixierung eine Charakterisierung der Einlagerungsgeschwindigkeit und die Klärung von klimatischen Standorts- und Jahresunterschieden (Tabelle 6). Zunächst ist festzuhalten, daß für einen Zuckeranstieg von 25 auf 40 °Oe ein Zeitraum von 9 (1971 in Flein-Tonboden) bis 23 Tagen (1972 in Stetten) benötigt wird (vgl. auch Abb. 1 A—C). Die tägliche Zunahme beträgt mithin 0,65—1,67 °Oe. Der rascheste Zuckeranstieg für eine Zunahme um 15 °Oe wurde 1971 mit im Mittel 11,0 Tagen, der langsamste mit im Mit-

Tabelle 7

Mittlere Lufttemperatur und Niederschlagsmenge während der Zuckerzunahme von 25 bis 40 °Oe bei der Sorte Riesling auf allen Standorten  
 Medium air temperature and precipitation quantity during the sugar increase from 25 to 40 °Oe (cultivar Riesling) in all locations

Jahr	Standort			$\bar{x}$
	Flein-S	Flein-T	Stetten	
Temperatur (°C)				
1970	18,7	17,1	14,4	16,7
1971	21,2	19,4	16,2	18,9
1972	15,4	12,4	12,5	13,4
$\bar{x}$	18,4	16,4	14,3	
Niederschlag (mm)				
1970	31,8	31,8	38,9	34,1
1971	22,1	22,5	25,3	23,3
1972	37,9	41,6	40,5	40,0
$\bar{x}$	30,6	32,0	34,9	

Tabelle 8

Multiple Regressionsanalyse der Mostgewichtszunahme von 25 bis 60 °Oe bei der Sorte Riesling auf allen Standorten (1970—1972);  $y =$  Mostgewicht (°Oe)  
 Multiple regression analysis of the sugar increase from 25 to 60 °Oe (cultivar Riesling) in all locations (1970—1972);  $y =$  sugar degree (°Oe)

Variable	partieller Regressionskoeffizient	T-Wert
Absolutglied	0,11079	
L	—0,00010	—0,026
T <sub>0</sub>	+0,00085	+0,510
T <sub>max</sub>	+0,00176	+1,123
T <sub>min</sub>	—0,00052	—0,373
BT <sub>20</sub>	+0,00105	+0,613
BT <sub>50</sub>	+0,00108	+0,941
N	+0,00023	+0,040
multiples B	0,794	

tel 19,0 Tagen 1972 festgestellt; die Standortmittelwerte liegen zwischen 14,0 (Flein) und 16,7 Tagen (Stetten).

Ein Vergleich mit den in Tabelle 7 zusammengestellten mittleren Lufttemperaturen und Niederschlagsmengen für den Zeitraum 25—40 °Oe macht besonders bei den Jahres- und Standortmittelwerten deutlich, daß hohe Temperaturen bzw. geringe Niederschläge die Zuckereinlagerungsgeschwindigkeit positiv beeinflussen, weshalb im Jahr 1971 die kürzeste Phasendauer beobachtet wird. Aus diesem Grunde ist es auch verständlich, daß Flein Steinboden und Flein Tonboden als die wärmeren und niederschlagsärmeren Standorte eine kürzere Zeitspanne für die Zuckerzunahme von 25 auf 40 °Oe benötigen. Gleichzeitig muß hier wiederum darauf hingewiesen werden, daß der Steinboden in Flein, trotz deutlich höherer Temperatur im Vergleich zu Tonboden die oben beschriebene Abhängigkeit nicht ganz so klar erkennen läßt und im Jahr 1971 sogar eine größere Zeitspanne benötigt. Möglicherweise spielt hier der Wasserfaktor des Standorts eine Rolle.

Anhand multipler und einfacher Regressionsberechnungen wurde überprüft, in welchem Zusammenhang die erfaßten Umwelteinflüsse zur Zuckereinlagerung stehen. Die T-Werte der multiplen Regressionsanalyse (Tabelle 8) verdeutlichen, daß die Temperatur den stärksten Einfluß auf das Mostgewicht ausübt. Ein besonders guter Zusammenhang besteht zu den Maximumtemperaturen der Luft, daneben auch zu den Bodentemperaturen in 50 cm Tiefe. Hingegen erweisen sich Niederschlag und Lichtintensität von geringerer Bedeutung. Daraus darf gefolgert werden, daß in unserem Klimaraum hohe Temperaturen die Voraussetzung für ein gutes Mostgewicht sind und daß der Boden als Wärmespeicher eine nicht unbedeutende Rolle spielen dürfte. 79,4% der Varianz der Mostgewichtszunahme können mit den einbezogenen Variablen erklärt werden. Die gleichfalls ermittelten einfachen

Tabelle 9

Das Auftreten des Säuremaximums in den Beeren der Rebsorte Riesling (1970—1972)  
Time of the acid maximum in berries of the cultivar Riesling (1970—1972)

Jahr	Standort			Amplitude (d)
	Flein-S	Flein-T	Stetten	
1970	4. 9.	28. 8.	4. 9.	7
1971	9. 8.	16. 8.	16. 8.	7
1972	4. 9.	13. 9.	4. 9.	9
Amplitude (d)	26	28	19	

Tabelle 10

Die Charakteristik des Säuremaximums: Zeit (d), die zum Durchlaufen einer Säureamplitude von 2 g/l vor bis 2 g/l nach dem Säuremaximum bei der Sorte Riesling benötigt wird (1970—1972)

Characteristic of the acid maximum: time (d) required for passing through an acid amplitude from 2 g/l before to 2 g/l after the acid maximum of the cultivar Riesling (1970—1972)

Jahr	Standort			$\bar{x}$	Amplitude
	Flein-S	Flein-T	Stetten		
1970	16	21	18	18,3	5
1971	10	11	7	9,3	4
1972	21	18	18	19,0	3
$\bar{x}$	15,7	16,7	14,3		
Amplitude	11	10	11		

Korrelationskoeffizienten bestätigen diese Befunde. Im Mittel der Jahre erwies sich mit  $r = +0,883^{**3)}$  ( $T_{\max}$ ) die Temperatur wiederum als wichtigster Faktor für die Zuckereinlagerung; ihr stand die Lichtintensität mit  $r = +0,660^{**}$  nur wenig nach, während zum Niederschlag, außer im Trockenjahr 1971, stets negative Beziehungen ( $r = -0,775^{**}$  bzw.  $-0,576^{*4)}$  nachzuweisen waren.

Ein wesentliches Merkmal der Beerenreife ist, neben der Zuckerzunahme, die Verminderung des Säuregehaltes (vgl. Abb. 1 A—C). Gegen Ende der Beerenwachstumsphase II, besonders aber während Phase III, erreicht der Säuregehalt ein Maximum. Gelegentlich, wie 1970 und 1972, können zwei Maxima auftreten. Zudem kann das Säuremaximum, wie 1971, sehr kurz, oder, wie in den Jahren 1970 und 1972, sehr breit und flach verlaufen. Auch die nach dem Maximum einsetzende Säureminderung kann rasch (1971) oder langsam (1972) erfolgen.

Vom Blühende bis zum Säuremaximum vergehen im Mittel 56 Tage. Der Zeitpunkt des Säuremaximums (Tabelle 9) zeigt zwischen den Jahren mit 19—28 Tagen eine wesentlich größere Schwankungsbreite als zwischen den Standorten mit 7—9 Tagen. Ein Einfluß der Temperatur ist lediglich in den Jahren 1971 und 1972 insofern zu erkennen, als höhere Temperaturen den Eintritt des Säuremaximums beschleunigen. Ein Zusammenhang zum Niederschlag war nicht zu erkennen.

Das Säuremaximum lag im Mittel der Jahre zwischen 31,0 g/l (1970), 31,6 g/l (1972) und 45,2 g/l (1971), wobei im Durchschnitt des Untersuchungszeitraums die niedrigsten Werte mit 34,5 g/l in Stetten und die höchsten mit 37,8 g/l auf dem Steinboden in Flein gemessen wurden.

Zur Charakterisierung des Kurvenverlaufs während des Säuremaximums wurde ein Grenzwert von 2 g/l vor und nach dem Säuremaximum angenommen und die Dauer in Tagen angegeben, die vom Über- bis zum Unterschreiten dieses Niveaus vergeht (Tabelle 10). Im klimatisch besonders günstigen Jahr 1971 wird zum Durchlaufen des Maximums eine mittlere Dauer von nur 9,3 Tagen benötigt, während hierfür 1972 19 Tage und 1970 18,3 Tage notwendig waren. Zwischen den Standorten zeichnet sich Stetten mit 14,3 Tagen durch ein etwas „kürzeres“ Maximum als Flein (15,7 bzw. 16,7 Tage) aus. Zwischen der Lufttemperatur 10 Tage vor und 10 Tage nach dem Säuremaximum und der Dauer des Säuremaximums läßt sich am ehesten bei den jeweiligen Standortmittelwerten eine Beziehung erkennen, indem mit hohen Temperaturen eine im Mittel deutlich kürzere Phase des Säuremaximums verbunden ist (Tabelle 11). Wie aus nachfolgender Regressionsgleichung zu erkennen ist, besteht jedoch in gleicher Weise auch eine Beziehung zum Niederschlag:

$$y = 21,79 - 0,159x \quad (r = -0,490).$$

Zur Charakterisierung des Säurestoffwechsels kann auch die Geschwindigkeit des Säureabbaus herangezogen werden. Letzterer wird vor allem durch eine Verminderung im Gehalt an Äpfelsäure (HALE 1962, KOBAYASHI *et al.* 1965 a, RADLER 1965, KLEWER und LIDER 1970, BUTTROSE *et al.* 1971) und durch eine Konzentrationsabnahme infolge Wasseraufnahme verursacht. Als Maßstab der Säureabnahme wurde die Dauer in Tagen gewählt, die nötig ist, um den Säuregehalt um 10 g/l zu vermindern. Wie Tabelle 12 zeigt, war hierzu eine Zeitspanne von 8 (1971 Flein T) bis 31 Tagen (1972 Flein S und Stetten) erforderlich; 1971 vergingen im Mittel 12 und 1972 im Mittel 29 Tage. Auf den einzelnen Standorten erfolgte der Säureabbau mit im Mittel 18,3 Tagen in Flein um 4 Tage rascher als in Stetten.

Während der Zeitspanne der Säureverminderung um 10 g/l lag die Lufttemperatur mit 17,3 °C auf dem Steinboden in Flein im Mittel der Jahre um 2 °C höher

<sup>3)</sup> signifikant bei = 1%

<sup>4)</sup> signifikant bei = 5%

Tabelle 11

Mittlere Lufttemperatur und Niederschlagsmenge für den Zeitraum 10 Tage vor bis 10 Tage nach dem Säuremaximum bei der Sorte Riesling (1970—1972)

Medium air temperature and precipitation quantity during the period of 10 days before to 10 days after the acid maximum (cultivar Riesling) (1970—1972)

Jahr	Standort			$\bar{x}$
	Flein-S	Flein-T	Stetten	
Temperatur (°C)				
1970	19,3	17,3	14,8	17,1
1971	23,5	19,8	18,9	20,7
1972	16,4	12,9	16,1	15,1
$\bar{x}$	19,7	16,7	16,6	
Niederschlag (mm)				
1970	39,2	49,5	34,4	41,0
1971	25,6	42,3	73,4	47,1
1972	24,3	37,9	25,2	29,1
$\bar{x}$	29,7	43,2	44,3	

Tabelle 12

Die Geschwindigkeit (d) der Säureverminderung um 10 g titrierbare Säure/l in der Wachstumsphase IV der Beeren nach Erreichen des Säuremaximums bei der Rebsorte Riesling (1970—1972)

Rate of acid decrease (time indicated in d) by 10 g titratable acid/l during the growth phase IV of berries of the cultivar Riesling after achieving the acid maximum (1970—1972)

Jahr	Standort			$\bar{x}$	Amplitude
	Flein-S	Flein-T	Stetten		
1970	13	22	18	17,7	9
1971	11	8	17	12,0	9
1972	31	25	31	29,0	6
$\bar{x}$	18,3	18,3	22,0		
Amplitude	20	17	14		

als auf dem Tonboden (15,2 °C) resp. um fast 4 °C höher als in Stetten (13,6 °C). Insofern kann von einem positiven Einfluß der Temperatur auf die Geschwindigkeit der Säureminderung gesprochen werden. Auch die Temperaturmittel der Standorte — 1971: 18,3 °C, 1970: 16,5 °C, 1972: 11,3 °C — weisen auf einen entsprechenden Einfluß der Temperatur auf den Säureabbau hin. Bei den Niederschlägen liegt der Steinboden in Flein im Mittel der Jahre mit 51,3 mm über dem Tonboden und in Stetten mit 46,0 bzw. 45,3 mm, so daß auch der Niederschlag über die potentiell höhere Wasseraufnahme der Beere und die damit verbundene Konzentrationsabnahme eine Rolle bei der Säureverminderung spielen dürfte.

Neben den angedeuteten direkten Beziehungen zwischen Säureabnahme und Klimafaktoren wurde auch über die Korrelationsanalyse versucht, die Bedeutung einiger Faktoren abzuschätzen (Tabelle 13). Dabei zeigt sich, daß im Mittel der Jahre zur Lufttemperatur, resp. zur Bodentemperatur und den Temperaturmaxima, eine höhere negative Beziehung besteht als zur Lichtintensität. Der Niederschlag ist mit der Säureabnahme positiv korreliert. Die negativen bzw. positiven Vorzeichen deuten an, daß der Säureabbau mit Erhöhung der Lichtintensität und der

Tabelle 13

Korrelationskoeffizienten zwischen der Säureabnahme von 30 g/l auf 15 g/l und einigen klimatischen Parametern auf allen Standorten bei der Rebsorte Riesling (1970—1972)  
 Correlation coefficients between acid decrease from 30 g/l to 15 g/l and several climatic parameters in all locations (cultivar Riesling, 1970—1972)

Variable	Jahr			
	1970	1971	1972	1970—1972
L	—0,617	—0,644	—0,951	—0,584
T <sub>0</sub>	—0,699	—0,844	—0,910	—0,696
T <sub>max</sub>	—0,931	—0,812	—0,934	—0,832
BT <sub>30</sub>	—0,858	—0,886	—0,986	—0,883
N	+0,409	+0,546	+0,643	+0,462
Signifikanz- schwelle bei P = 5%	0,58			0,33

Temperatur stimuliert, mit Erhöhung des Niederschlags dagegen verlangsamt wird. Innerhalb der Jahre treten 1970 nur das Temperaturmaximum, 1971 und 1972 alle Temperaturparameter hervor. 1972 steht neben der Temperatur besonders die Wirkung der Lichtintensität im Vordergrund. Die Niederschlagsabhängigkeit ist nur 1972 signifikant.

Die bei der Lese erzielten Mostgewichte, Säurewerte und Erträge aller Untersuchungsjahre sind in Abb. 2 zusammengefaßt. Mit 77,3 °Oe werden 1971 die höchsten und mit 48,3 °Oe 1972 die geringsten Mostgewichte bei einem Säuregehalt von 8,5 g/l bzw. 16,4 g/l erreicht. Außer 1971 sind die Mostgewichte auf dem Standort Stetten deutlich (um 10 °Oe) geringer als in Flein bei gleichzeitig höheren (um 3 g/l) Säurewerten. Die Varianz von Mostgewicht und Säuregehalt ist zwischen den Jahren größer als zwischen den Standorten. Die Traubenerträge/Stock erreichten 1970 mit durchschnittlich 3,67 kg ihr Maximum bei gleichzeitig star-

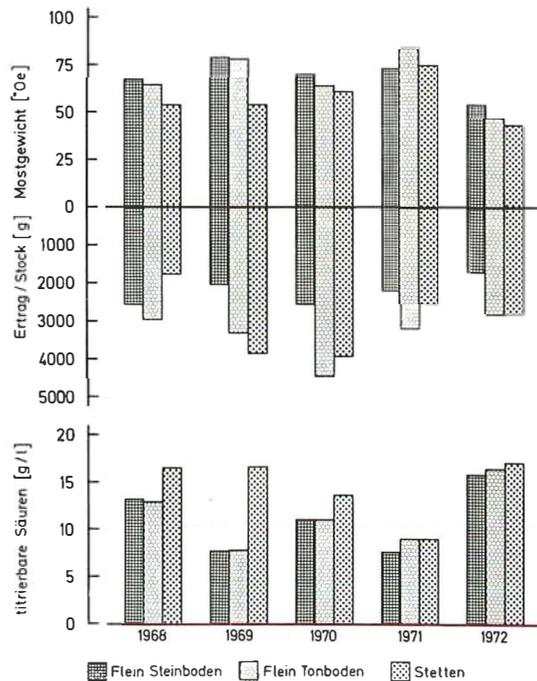


Abb. 2: Mostgewicht, titrierbare Säure und Ertrag/Stock der Rebsorte Riesling in den Jahren 1968—1972.

Must quality, titratable acid and yield/vine of the cultivar Riesling in the years 1968—1972.

ken Ertragsschwankungen (1,92 kg). 1968 bringt im Mittel mit 2,45 kg die niedrigsten Erträge. Abgesehen vom Jahr 1969 werden auf dem Standort Flein-Tonboden stets die höchsten und auf dem Steinboden in Flein, bis auf 1968, stets die geringsten Erträge erzielt.

#### 4. Diskussion

##### 4.1. Das Beerenwachstum

Während nach EICHHORN (1971) die Phasen I/II sowie III des Beerenwachstums nur geringen Schwankungen unterliegen, trat im vorliegenden Fall bei Phase I/II eine Amplitude von 16 Tagen und bei Phase III von 11 Tagen auf, wofür z. T. Schwierigkeiten bei der Abgrenzung, aber auch Art und Umfang der Probenahme (KLENERT 1972) verantwortlich gemacht werden können. Werden hingegen die Phasen I, II und III zusammengefaßt, so liegt nur eine Gesamtamplitude von 10 Tagen vor.

Betrachtet man den Einfluß von Umweltfaktoren auf den Phasenablauf des Beerenwachstums, so ergibt sich folgendes Bild: Anhand experimenteller Untersuchungen von TUKEY (1958) und KOBAYASHI *et al.* (1968 a, b) sind für das Beerenwachstum in den ersten beiden Wochen nach Blühende Temperaturen von 22–25 °C optimal; Temperaturen über 30 °C sollen auf jeden Fall depressiv wirken (KOBAYASHI *et al.* 1967). Hierzu muß jedoch bemerkt werden, daß diese Befunde unter optimalen Bodenfeuchtebedingungen erzielt wurden, was für die vorliegenden Freilandergebnisse nicht in jedem Falle angenommen werden kann. Hier sind hohe Temperaturen meist mit geringen Niederschlägen, und umgekehrt, korreliert. Mit einer mittleren Temperatur von 21,1 °C werden die gewünschten Optimaltemperaturen nicht ganz erreicht. Bei strenger Kausalität wäre mit steigender Temperatur eine Verkürzung der Phasendauer oder aber eine höhere tägliche Beerenwachstumszunahme zu erwarten, was jedoch, wie ein Vergleich der Standorte Flein Steinboden (höhere mittlere Temperaturen) und Stetten (geringere mittlere Temperaturen) zeigt, nicht zutrifft.

Ein positiver Zusammenhang zwischen Lichtintensität und Beerenwachstum, wie er von MAY und ANTCLIFF (1963), KLEWER und LIDER (1970) sowie KLENERT (1972) festgestellt wurde, läßt sich beim direkten Vergleich der mittleren Lichtintensität und Phasendauer nicht eindeutig erkennen. Dagegen zeigen die berechneten Einfachkorrelationen, besonders von der 2. Wachstumshälfte (250 bzw. 500 mg Beerengewicht) an, eine zunehmende Bedeutung der Lichtintensität auf.

Da somit durch Temperatur und Lichtintensität das Beerenwachstum von 0 bis 750 mg Beerengewicht (entspricht etwa Phase I bis III) nur zum Teil erklärt werden kann, verbleibt noch die Wirkung des Klimafaktors Niederschlag bzw. Bodenwasserhalt. Zwischen dem mittleren täglichen Niederschlag und der Zeitdauer bis zum Erreichen eines Beerengewichts von 250 mg, 500 mg und 750 mg bestehen deutliche Zusammenhänge, dergestalt daß höhere Niederschläge mit einer kürzeren Phasendauer verbunden sind, was andererseits heißt, daß das Beerenwachstum mit erhöhter Wasserversorgung verbessert wird (vgl. KOBAYASHI *et al.* 1963, JUSTYAK 1968). In Übereinstimmung damit wurden die höchsten Beerengewichte (1968, 1970) und die größten täglichen Wachstumszunahmen (1970) in Jahren mit hohen Niederschlägen erzielt. Ergänzend zeigen hierzu die durchgeführten Korrelationsberechnungen, daß die Niederschlagsabhängigkeit mit fortschreitendem Wachstum der Beere geringer wird. Auch ALLEWELDT (1967), JONESCU (1968), FÜRI und KOZMA (1971)

sowie POLAKOVIĆ und STEBERLA (1973) betonen die Bedeutung des erhöhten Wasserbedarfes — in Verbindung mit nicht zu hohen Temperaturen — zu Beginn des Beerenwachstums.

#### 4.2. Die Mostqualität

Die Zuckereinlagerung in die Beere setzt beim Übergang der Wachstumsphase III nach IV ein und wird auf hormonelle und enzymatische Umstimmungsprozesse während der Phase III zurückgeführt (NITSCH *et al.* 1960, ARNOLD 1965, HALE 1968, HAWKER 1969 a, b, HIFNY 1971). Als Beginn der Zuckereinlagerung wurde das Überschreiten der 25 °Oe-Schwelle gewählt. Dieser Zeitpunkt wird wie die Dauer der Wachstumsphasen I bis III durch Umweltfaktoren beeinflusst.

Die Bedeutung der Temperatur für die Zuckereinlagerung haben viele Autoren hervorgehoben: WITTERSTEIN (1936), LEHMANN (1954), MAY (1957), KOBLET und ZWICKY (1965), NAKAMURA und ARIMA (1970) u. a. KOBAYASHI *et al.* (1965 a, b, 1968 a) fanden dabei ein Maximum der Zuckereinlagerung bei 22—28 °C. Ganz besonders eng sind in unserem Klimaraum die täglichen Maxima der Lufttemperatur mit der Zuckereinlagerung korreliert (KATARJAN und POTAPOW 1968); daneben spielt auch die Bodentemperatur in 50 cm Tiefe eine Rolle, womit der Boden als Wärmespeicher eine nicht unbeträchtliche Bedeutung besitzt, was auch von LEHMANN (1954) sowie NAKAMURA und ARIMA (1970) bestätigt wird. Auch die Mostgewichte zur Zeit der Lese lassen den fördernden Einfluß der Temperatur erkennen. So ist das höchste Mostgewicht im Jahr 1971 bei einer mittleren Lufttemperatur von 16,8 °C während Phase III und IV und das geringste im Jahr 1972 bei einer mittleren Lufttemperatur von 10,7 °C erreicht worden!

Wenngleich der enge Zusammenhang von Temperatur und Zuckerzunahme unbestritten ist, so wird doch im Jahr 1971, besonders auf dem Steinboden in Flein, auf dem die höchsten Temperaturen während der Mostgewichtszunahme von 25—40 °Oe gemessen wurden, deutlich, daß auch die Wasserversorgung zum begrenzenden Faktor werden kann. Damit kann die Aussage PANIC (1960), wonach Temperatur und Niederschlag die Hauptursachen für Qualitätsschwankungen seien, unterstützt werden. Positive Korrelationskoeffizienten zwischen Niederschlag und Mostgewicht werden aber nur in trockenen Jahren (BÖLL 1971), und dann auf Böden mit hoher Wasserkapazität (BECKER 1967, 1969), gefunden. Allerdings kann bei einer Kombination von guter Wasserversorgung und niedrigen Temperaturen, wie es z. T. 1972 der Fall war, eine verlangsamte Zuckereinlagerung und damit auch eine längere Zeitdauer des Mostgewichtsanstiegs von 25 auf 40 °Oe eintreten. Auch WITTERSTEIN (1936) und MAY (1957) sprechen von einem negativen Einfluß des Niederschlags auf das Mostgewicht, der jedoch in den vorliegenden Ergebnissen und gemessen an der Temperatur nicht sehr hoch ausfällt.

Die positiven Beziehungen zwischen Lichtsumme und Mostgewichtszunahme stehen in Übereinstimmung mit Befunden von MAY (1957), KLIEWER und SCHULTZ (1964), SCHULTZ und LIDER (1964), ALECHIN (1965) sowie KOBLET und ZWICKY (1965). Im strahlungsarmen Jahr 1972 liegt eine sehr enge Beziehung zwischen Lichtintensität und Zuckereinlagerung vor. Allgemein gewinnt die Lichtintensität mit fortschreitender Beerenreife an Bedeutung; trotzdem ist sie in ihrer Relevanz der Temperatur nachzuordnen.

Im Gegensatz zur Zuckereinlagerung beginnt die Säuresynthese sofort mit Beginn des Beerenwachstums, erreicht nach einem steilen Anstieg in Phase III ihr Maximum und nimmt während der Beerenreife wieder ab (PEYNAUD 1948, AMERINE 1956, PEYNAUD und MAURIÉ 1958, RIBÉREAU-GAYON 1968).

Bei der Diskussion um die Beeinflußbarkeit des Mostsäuregehaltes durch Klimafaktoren ist die Säuredynamik — Synthese bis Reifephase IV, Abbau in Reifephase IV — zu berücksichtigen. Daraus folgt, daß Korrelationsberechnungen über längere Zeiträume, z. B. von der Blüte bis zur Lese, den Sachverhalt nicht zum Ausdruck bringen können.

Sowohl das frühzeitige und hohe Säuremaximum im Jahre 1971 wie die späteren und deutlich niedrigeren Säuremaxima in den Jahren 1970 bzw. 1972 finden ihre Parallelen in hohen (1971) und niedrigen Temperaturen (1970, 1972). Hohe Temperaturen fördern demnach die Säuresynthese, was auch aus experimentellen Untersuchungen von KLEWIER und SCHULTZ (1964) sowie NAKAMURA und ARIMA (1970) bekannt ist, die als optimalen Temperaturbereich 20—30 °C angeben.

Mit dem Erreichen des Säuremaximums (= Beginn der Zuckereinlagerung) vollzieht sich eine Stoffwechsellumstellung (HARDY 1968), in deren Folge ein Teil der Äpfelsäure in den Respirationsstoffwechsel einbezogen und damit abgebaut wird. Dabei war, ebenso wie beim Säureaufbau, ein fördernder Einfluß der Temperatur zu erkennen, d. h., daß mit höherer Temperatur der Säureabbau beschleunigt wird. Der geringsten Zeitdauer für eine Säureminderung um 10 g/l im Jahr 1971 stehen auch die höchsten mittleren Lufttemperaturen aller entsprechenden Untersuchungsperioden gegenüber! Die Temperaturabhängigkeit des Säureabbaus steht im Einklang mit Ergebnissen von KOBAYASHI *et al.* (1965 a), RADLER (1965), KLEWIER und LIDER (1970) sowie BUTTROSE *et al.* (1971). Der beste Zusammenhang zwischen Temperaturverhältnissen und Säureabbau wurde bezüglich der Bodentemperatur in 50 cm Tiefe gefunden, die in ihrer Relevanz vor den Maximumtemperaturen steht, sicher deshalb, weil die Bodentemperaturen von September an meist über den Lufttemperaturen liegen und dann besonders die kühlen Nachttemperaturen abpuffern (MÜLLER 1932, LEHMANN 1954).

Nun zeigen aber die Standorte Flein, daß nicht ausschließlich die Temperatur wirksam ist; denn trotz höherer Temperatur wird 1971 und 1972 auf dem Steinboden zum Abbau von 10 g Säure/l eine längere Zeitdauer benötigt als auf dem Tonboden. Vermutlich sind hierfür, wie bereits angedeutet, Unterschiede in der Wasserversorgung verantwortlich zu machen. Trotzdem sind die für den Niederschlag errechneten Korrelationskoeffizienten positiv; zu gleichen Resultaten kamen WITTERSTEIN (1936), MAY (1957) und FERENCZI (1958).

Ergebnisse von BERÉNYI (1956), SCHULTZ und LIDER (1964), KLEWIER (1968, 1971), NIGOND (1971) und KLENERT (1972) zeigen, daß mit zunehmender Lichtintensität der Säureabbau intensiviert wird. In der Tendenz lieferten die vorgenannten Korrelationsberechnungen das gleiche Ergebnis. Jedoch ist die Wirkung der Lichtintensität, außer im strahlungsarmen Jahr 1972, in ihrer Bedeutung der Temperatur unterzuordnen.

Bei gemeinsamer Betrachtung von Ertrag und Mostqualität lassen die Jahrgänge 1969 und 1972 ein Verhalten nach der Menge : Güte-Relation (SARTORIUS 1952) erkennen. Eindeutig gegen die Menge : Güte-Relation sprechen die Befunde des Jahres 1971. Deshalb kann auch bei statistischer Betrachtungsweise über mehrere Jahre, mit einem  $r$ -Wert von +0,095, praktisch keine Abhängigkeit gefunden werden. Ähnliches berichten MAY (1957) sowie KOBLET und ZWICKY (1965). Dazu kommt weiterhin, daß die Menge : Güte-Relation nur unter vergleichbaren Bedingungen anzuwenden ist (BIRK 1963), wie z. B. auf dem Stein- und Tonboden in Flein. Dann würden neben den Jahrgängen 1969 und 1972 auch 1968 und 1970 der Menge : Güte-Relation folgen.

### 5. Zusammenfassung

In den Jahren 1968—1972 wurden auf 3 Versuchspartzellen Nordwürttembergs, und zwar in Flein und Stetten a. H., Beerenwachstum und Mostqualität der Rebsorte Riesling mit den Standortfaktoren Temperatur, Lichtintensität und Niederschlag verglichen:

1. Das Beerenwachstum, aufgeteilt in 4 Phasen, zeigte eine deutlich positive Abhängigkeit von der Niederschlagshöhe. Erst in Phase IV wurde der Einfluß des Niederschlags geringer, so daß Temperatur und Lichtintensität in ihrer Wirkung stärker hervortraten.
2. Mit dem Erreichen eines Mostgewichts von 25 °Oe begann beim Übergang von Phase III nach IV die Zuckereinlagerung in die Beere. Hierbei bestand zur Temperatur, besonders zu den täglichen Maximumtemperaturen ( $r = +0,883$ ), eine enge positive Beziehung. In Trockenjahren (z. B. 1971) konnte aber auch der Niederschlag zum begrenzenden Faktor werden. Die Lichtintensität war, vor allem gegen Ende der Zuckereinlagerung, von Bedeutung, sie war aber trotzdem in ihrer Relevanz der Temperatur unterzuordnen.
3. Die Säurezunahme, der Zeitpunkt und die Dauer des Säuremaximums sowie die Intensität des Säureabbaus zeigten eine starke Temperaturabhängigkeit. Je höher die Temperatur anstieg, um so rascher wurden die einzelnen Prozesse durchlaufen. Während des Säureabbaus lagen zu den Bodentemperaturen die engsten Beziehungen ( $r = -0,883$ ) vor. Die Abhängigkeit von der Lichtintensität war mit  $r = -0,584$  geringer als die zur Temperatur. Zwischen Niederschlag und Säurehöhe bestand normalerweise eine positive Korrelation, doch konnte auch beobachtet werden, daß eine günstige Bodenfeuchte über das raschere Beerenwachstum die Säureabnahme beschleunigte.

### 6. Literatur

- ALECHIN, K. K., 1965: Die Bedeutung des direkten Sonnenlichts für die Zuckerrücklage in den Beeren. Vinodel. i Vinogradar. SSSR (Moskau) 3, 35—37.
- ALLEWELDT, G., 1967: Der Einfluß des Klimas auf Ertrag und Mostqualität der Reben. Rebe u. Wein 20, 312—317.
- — und HOFÄCKER, W., 1975: Einfluß von Umweltfaktoren auf Austrieb, Blüte, Fruchtbarkeit und Triebwachstum bei der Rebe. Vitis 14, 103—115.
- AMERINE, M. A., 1956: The maturation of wine grapes. Wines and Vines 37, 27—32, 53—55.
- ARNOLD, W. N., 1965:  $\beta$ -Fructofuranosidase from grape berries. Biochim. Biophys. Acta 110, 134—147.
- BECKER, N. J., 1967: Beiträge zur Standortforschung bei Reben (*Vitis vinifera* L.). Ergebnisse einer Erhebungsuntersuchung im Rheingau. Diss. Gießen.
- — , 1969: Beitrag zum Menge-Güteproblem im deutschen Weinbau. Wein-Wiss. 24, 172—190.
- BERÉNYI, D., 1956: Zusammenhang zwischen dem titrierbaren Säuregehalt der Weine und den Witterungselementen. Növénytermelés 5, 199—206.
- BIRK, H., 1963: Ein Beitrag zum „Menge-Güte-Gesetz“. Dt. Weintztg. 99, 333—334.
- BÖLL, K. P., 1971: Beziehungen zwischen Klima, Traubenertrag und Mostqualität in Baden-Württemberg. Wein-Wiss. 26, 90—111.
- BUTTHOUSE, M. S., HALE, C. R. and KLIWER, W. M., 1971: Effect of temperature on the composition of "Cabernet Sauvignon" berries. Amer. J. Enol. Viticult. 22, 71—75.
- COOMBE, B. G., 1960: Relationship of growth and development to changes in sugars, auxins and gibberellins in fruit of seeded and seedless varieties of *Vitis vinifera*. Plant Physiol. 35, 241—250.
- EICHORN, K. W., 1971: Die Ertragsstruktur und das Beerenwachstum der Reben. Diss. Univ. Hohenheim.
- FERENCZI, S., 1958: Die Rolle der Niederschlagsmenge in der Gestaltung des titrierbaren Säuregehaltes der Weine. Acta Agron. (Budapest) 7, 66—95.

- — und TUZSON, I., 1965: Einfluß von Witterungsfaktoren auf die Zusammensetzung ungarischer Weine. *Vitis* 5, 110—126.
- FURI, I. und KOZMA, F., 1971: Wasserhaushalt der auf bewässerten und unbewässerten Böden kultivierten Reben. *Szőlő-és Gyümölcs-term.* (Budapest) 6, 243—257.
- GEISLER, G. und RADLER, F., 1963: Entwicklungs- und Reifevorgänge an Trauben von *Vitis*. *Ber. Dt. Bot. Ges.* 76, 112—119.
- GERBER, C., 1897: Recherches sur la maturation des fruits charnus. *Ann. Sci. Nat. Bot.* 8, 1—6.
- HALE, C. R., 1962: Synthesis of organic acids in the fruit of the grape. *Nature* 195, 917—918.
- —, 1968: Growth and senescence of the grape berry. *Austral. J. Agricult. Res.* 19, 939—945.
- HARDY, P. I., 1968: Metabolism of sugars and organic acids in immature grape berry. *Plant Physiol.* 43, 224—228.
- HAWKER, I. S., 1969 a: Changes in the activity of enzymes concerned with sugar metabolism during the development of grape berry. *Phytochemistry* 8, 9—17.
- —, 1969 b: Changes in the activities of malic enzyme, malate dehydrogenase, phosphopyruvate carboxylase and pyruvate decarboxylase during the development of a non-climacteric fruit (the grape). *Phytochemistry* 8, 19—23.
- HENNIG, K., 1962: Chemische Untersuchungsmethoden für Weinbereiter und Süßmosthersteller. E. Ulmer Verlag, Stuttgart, 5. Aufl.
- HIFNY, A. A. H., 1971: Untersuchungen zur Stiehlähme. Diss. Univ. Hohenheim.
- JONESCU, P., 1968: Beiträge zum Studium einiger physiologischer Prozesse während der Entwicklung und Reife der Traube. *An. Inst. Cercet. Vitic. Vinif.* (Bukarest) 1, 331—343.
- JUSZYAK, I., 1968: Régimes thermiques dans des vignes cultivées avec et sans irrigation. *Acta Geograph. Debrecina* 14, 105—113.
- KATARJAN, T. G. und POTAPOV, N. S., 1968: Mikroklima des Weinberges und der Reifeverlauf der Trauben. *Krimisdat Simferopol*, 38 p.
- KLENERT, M., 1972: Künstliche Veränderung der meteorologischen Verhältnisse im Rebbestand und ihre Auswirkungen auf den Ertrag und die Fruchtbarkeit der Rebe sowie das Wachstum der Traubenbeeren. Diss. Univ. Gießen.
- KLEWER, W. M., 1968: Effect of temperature on the composition of grapes grown under field and controlled conditions. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 93, 797—806.
- —, 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.
- —, 1973: Berry composition of *Vitis vinifera* cultivars as influenced by photo- and nyctotemperatures during maturation. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 98, 153—159.
- — and LIDER, L. A., 1970: Effects of day temperature and light intensity on growth and composition of *Vitis vinifera* L. fruits. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 95, 766—769.
- —, — — and FERRARI, N., 1972: Effects of controlled temperature and light intensity on growth and carbohydrate levels of "Thompson Seedless" grapevines. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 97, 185—188.
- — 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, 115—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., NII, N. and HARADA, K., 1968 a: Studies on the thermal condition of grapes. IV. Effects of day and night temperatures on yield and quality of Delaware grapes. *J. Jap. Soc. Hort. Sci.* 36, 373—378.
- —, KURETANI, M. and OTO, H., 1963: Effects of soil moisture on the growth and nutrient absorption of grapes. *J. Jap. Soc. Hort. Sci.* 32, 1—8.
- —, NII, N., HARADA, K. and KADOWAKI, K., 1968 b: Favorable day and night temperature combination for the fruit growth of Delaware grapes and Satsuma oranges. *J. Jap. Soc. Hort. Sci.* 37, 199—204.
- —, YUKINAGA, H., FUKUSHIMA, T., NII, N. and HARADA, K., 1967: Effects of day and night temperatures on the berry set, growth and quality of Delaware grapes. *Mem. Res. Inst. Food Sci. Univ. Kyoto* 28, 35—46.
- —, — — and IRANO, T., 1965 a: Studies on the thermal conditions of grapes. Effects of night temperature of the ripening stage on the fruit maturity and quality of Delaware grapes. *J. Jap. Soc. Hort. Sci.* 34, 26—32.
- —, — — and MATASUNAGA, E., 1965 b: Berry growth, yield and quality of Muskat of Alexandria as affected by night temperature. *J. Jap. Soc. Hort. Sci.* 34, 152—158.
- —, — — and NII, N., 1965 c: Effects of day and night temperatures on the growth of Delaware. *J. Jap. Soc. Hort. Sci.* 34, 77—84.
- KOBLET, W. und ZWICKY, P., 1965: Der Einfluß von Ertrag, Temperatur und Sonnenscheinstunden auf die Qualität der Trauben. *Wein-Wiss.* 20, 237—244.

- KRAUS, V., 1966: Beitrag zur Charakteristik der Rebsorten in Hinsicht auf das Korrelationsmaß zwischen Reifesumme und Qualität der Ernte in nördlichen Anbaugebieten. Wein-Wiss 21, 53—60.
- LEHMANN, P., 1954: Mostgüte und Bodenwärme. Dt. Weinbau 9, 653—654.
- MAY, H. E., 1957: Einfluß von Klima und Witterung auf Güte und Ertrag im Weinbau. Beiträge zur vergleichenden Klimatologie der Weinbaugebiete Pfalz und Nahe. Diss. Univ. Mainz.
- MAY, P. and ANTCLIFF, A., 1963: The effect of shading on fruitfulness and yield in the Sultana. J. Hort. Sci. 38, 85—94.
- MÜLLER, K., 1932: Die Bodentemperatur als wichtiger Faktor für den Weinbau. Weinbau u. Kellerwirtsch. 11, 115—118.
- NAKAMURA, R. and ARIMA, H., 1970: Effects of soil temperature on the quality of the berries of Delaware vines. Sci. Rept. Fac. Agricult. Okayama 35, 57—71.
- NIGOND, J., 1971: Le rôle du climat en viticulture. I. Connaiss. Vigne Vin (Talence) 5, 461—487.
- NITSCH, I. P., PRATT, C., NITSCH, C. and SHAULIS, N. I., 1960: Natural growth substances in Concord and Concord seedless grapes in relation to berry development. Amer. J. Bot. 47, 85—105.
- PANIC, N., 1960: Primäre Faktoren, die die Qualität der Trauben und des Weines beeinflussen. Vinodel. i. Vinogradar. SSSR (Moskau) 20, 18—27.
- PEYNAUD, E., 1948: Contribution à l'étude biochimique de la maturation du raisin et de la composition des vins. Impr. Sautai et Fils, Lille, 99 p.
- — and MAURIÉ, A., 1958: Synthesis of tartaric and malic acids by grape vines. Amer. J. Enol. Viticult. 9, 32—36.
- POLAKOVIĆ, F. and STEBERLA, P., 1972: Einfluß von Niederschlägen und Feuchtigkeit auf die Rebe. Vinohrad (Bratislava) 10 (LXV), 185. [Ref. Mitt. Klosterneuburg 23 (1973), 76].
- POUX, C. et AUBERT, S., 1968: Corrélations entre la constitution en composés phénoliques des vins, la température de vinification et les caractéristiques générales de l'année. Ann. Technol. Agric. 17, 299—313.
- RADLER, F., 1965: The effect of temperature on the ripening of Sultana grapes. Amer. J. Enol. Viticult. 16, 38—41.
- RIBÉREAU-GAYON, G., 1968: Etude des mécanismes de synthèse et de transformation de l'acide malique, de l'acide tartrique et de l'acide citrique chez *Vitis vinifera* L. Phytochemistry 7, 1471—1482.
- SARTORIUS, O., 1952: Das Güte-Menge-Gesetz. Wein-Wiss. 6, 83—84.
- SCHULTZ, H. B. and LIDER, L. A., 1964: Modification of the light factor and heat load in vineyards. Amer. J. Enol. Viticult. 15, 87—92.
- 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.
- WEGER, N. und WANNER, E., 1937: Der Reifevorgang von Riesling- und Silvanertrauben in Beziehung zu den meteorologischen Faktoren. Biol. Beiblatt Meteorol. Z. 4, 124—127.
- WEJNAR, R., 1965: Der Einfluß der Temperatur auf die Bildung von Zucker, Äpfelsäure und Weinsäure in Weintrauben. Ber. Dt. Bot. Ges. 78, 314—321.
- — , 1967: Weitere Untersuchungen zum Einfluß der Temperatur auf die Bildung von Äpfelsäure in Weinbeeren. Ber. Dt. Bot. Ges. 80, 447—450.
- WINKLER, A. J. and WILLIAMS, W. O., 1935: Effect of seed development on the growth of grapes. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 33, 430—434.
- WITTERSTEIN, F., 1936: Kleinklimatische Untersuchungen im Rheingau. Jahrb. d. Nassauischen Vereins f. Naturkunde, 83, 59—103.

Eingegangen am 27. 2. 1976

Dr. W. HOFÄCKER  
 Prof. Dr. G. ALLEWELDT  
 Lehrstuhl für Weinbau  
 7 Stuttgart-Hohenheim  
 Universität Hohenheim (LH)