

Einfluß von Umweltfaktoren auf Austrieb, Blüte, Fruchtbarkeit und Triebwachstum bei der Rebe

von

G. ALLEWELDT und W. HOFÄCKER¹⁾

Influence of environmental factors on bud burst, inflorescences, fertility, and shoot growth of vines

Summary. — From 1969 to 1972, in 3 plots in Northern Württemberg (Flein and Stetten a. H.), growth and development of the cultivar 'Riesling' were compared with regard to the present environmental factors: temperature, light intensity, precipitation, and water content of the soil.

Bud burst and flowers of the vines showed a close relation to the daily maxima of air temperature and the average soil temperature at a depth of 20 cm. Temperatures above 7—8 °C had a special effect on bud burst, temperatures above 15 °C on flowers.

In addition to light intensity ($r = +0,801$) and temperature ($r = +0,763$), the shoot growth was also positively influenced by precipitation ($r = +0,573$). On the drier location at "Flein Steinboden", the water content of the soil was of greater importance than the other factors.

As regards inflorescence development and extent of shattering, the water content of the soil proved the most relevant environmental factor.

1. Einleitung

Der deutsche Weinbau ist in hohem Maße von klimatischen Bedingungen abhängig, weshalb ein Rebenanbau nur in bevorzugten Lagen angestrebt wird. In einigen Lehrbüchern des Weinbaues (WINKLER 1962, VOGT 1967, GOLLMICK *et al.* 1970, HOFFMANN 1970) werden allgemein Grenzwerte für Temperatursumme, Sonnenscheinstunden, Niederschläge, Höhenlage und andere Standortbesonderheiten angegeben. Naturgemäß kann solchen Angaben allenfalls ein Indikatorwert zugesprochen werden, weshalb verständlich ist, daß viele Autoren den Versuch unternahmen, konkrete Zusammenhänge zwischen Klima, Wachstum und Entwicklung der Rebe zu erarbeiten. So liegen Beiträge zu Klimafragen und ihrer Beziehung zum Weinbau von BURCKHARDT (1958), DECKER (1960), AICHELE (1961, 1965), ALLEWELDT (1967), STAHLIN *et al.* (1970), BÖLL (1971) und TRENKLE (1971) vor. MAY (1957), LOTZ (1959), ANTCLIFF und MAY (1961), MAY (1964) und BECKER (1967) untersuchten den Einfluß der Temperatur auf den Knospenaustrieb, während die Beziehungen zwischen Klima und Reblüte besonders von LOTZ (1959), KING (1966), HORNEY (1966) sowie PEYER und KOBLET (1966) analysiert wurden. Grundlegende Arbeiten von ALLEWELDT (1959, 1963), ALLEWELDT und BALKEMA (1965) sowie KOBLET (1966), ZEMBERY (1971) und BUTTROSE (1969 a, b) behandeln die Fruchtbarkeit der Rebe in Abhängigkeit von Klimafaktoren. Bezüglich der Umweltabhängigkeit des Triebwachstums ist auf Ergebnisse von MORGEN (1958), KOBAYASHI *et al.* (1965 b, 1967), BUGNON und BESSIS (1968), JUSTYAK (1968) und BUTTROSE (1969 c) zu verweisen.

Ziel der vorliegenden Untersuchungen war es, an drei Standorten Nordwürttembergs den Einfluß der Faktoren Temperatur, Lichtintensität, Niederschlag und Bodenwasser auf einige Wachstums- und Entwicklungsprozesse bei der Rebe zu untersuchen.

¹⁾ Erster gekürzter Teil einer Dissertation des Fachbereichs Agrarbiologie der Universität Hohenheim (LH), 1974.

2. Material und Methoden

In den Jahren 1968—1972 wurden in der Gemeinde Flein, Lage Eselsberg $r = 35$ ^{16 650}, $h = 54$ ^{39 759} auf zwei Versuchspartzellen und in Stetten am Heuchelberg, Lage Hinterer Berg $r = 34$ ^{93 740}, $h = 54$ ^{44 000} auf einer Versuchspartzelle, Wachstum und Ertrag der Rebsorte Riesling, gepfropft auf Kober 5 BB, untersucht.

Im folgenden werden die Partzellen als „Flein Steinboden“ (Abkürzung Flein-S), „Flein Tonboden“ (Flein-T) und „Stetten“ (Stetten) bezeichnet. Die drei Partzellen können wie folgt beschrieben werden:

	Flein-S	Flein-T	Stetten
Ø Höhenlage N.N.:	202 m	208 m	253 m
Inklination:	7—9°	7—9°	4—6°
Exposition:	SSW	SSW	SSE
Bodentyp:	Rigosol	Rigosol (Braunerde- Pelosol)	Rigosol (Pelosol)
Wasserkapazität:	370 mm	430 mm	480 mm
Pflanzabstand:		150 × 170 cm	
Größe der Versuchspartzelle:		252,5 m ²	

Da bei den Versuchsorten selbst keine langfristigen Wetterbeobachtungen gemacht werden, mußte auf Nachbarstationen zurückgegriffen werden.

	Flein	Stetten
Jahresmitteltemperatur: (1931—1960)	9,5 °C (Weinsberg)	9,1 °C (Eppingen)
Jahresniederschläge: (1931—1960)	737 mm (Weinsberg)	750 mm (Stetten)
Sonnenscheindauer:	1539 h (Weinsberg)	—

(Quelle: Dt. Wetterdienst, Wetteramt Stuttgart)

Die Registrierung der Temperatur in der Traubenzone und in 20 cm Bodentiefe erfolgte mit einem Fernthermographen (System Lambrecht) kontinuierlich über die gesamte Versuchsperiode. Die Messung in 50 cm Bodentiefe wurde im 14tägigen Rhythmus vorgenommen. Nach Auswertung der Diagramme zu Tagesmittel-, Tagesmaximum- und Tagesminimumtemperaturen wurden weiterhin Pentaden-, Dekaden- sowie Summenwerte gebildet, die in die jeweiligen Berechnungen eingingen. Die Beleuchtungsintensität wurde mit Selen-Photoelementen (Fa. Lange) direkt über dem Bestand (1,9 m) erfaßt.

Während der frostfreien Zeit waren in Flein und Stetten je ein registrierender Regenschreiber (nach HELLMANN) zur Niederschlagskontrolle aufgestellt.

Parallel zum Niederschlag wurde im Abstand von 7 bzw. 14 Tagen gravimetrisch der Bodenwassergehalt bestimmt (SCHLICHTING und BLUME 1966).

Bei den Klimaparametern werden folgende Abkürzungen verwendet:

T_o	= Summe der mittleren Lufttemperaturen >0 °C (Traubenzone)
t_o	= mittlere Lufttemperatur (Traubenzone)
T_{max}	= Summe der maximalen Lufttemperaturen (Traubenzone)
t_{max}	= mittlere maximale Lufttemperatur (Traubenzone)
T_{min}	= Summe der minimalen Lufttemperaturen (Traubenzone)
BT_{20}	= Summe der mittleren Bodentemperaturen in 20 cm Tiefe
Bt_{20}	= mittlere Bodentemperatur in 20 cm Tiefe
L	= Summe der Lichtintensitäten
N	= Summe der Niederschläge

Der Austrieb wurde jeweils zu dem Zeitpunkt bonitiert, an dem die ersten Blättchen aus der „Wolle“ hervortraten, während unter Blüte jeweils das Stadium des Blühbeginns (d. h. 25% der Blütenköppchen abgestoßen) verstanden wird. Zur Austriebsbonitur wurden stichprobenhaft an jeweils 10 Rebstöcken die Knospen der Tragruhen bestimmt und 4 Wochen nach dem Austrieb die tatsächlich ausgetriebenen Knospen festgestellt. Infloreszenzgröße und Infloreszenzzahl wurden an jeweils 25 Einzeltrieben kurz vor Blühbeginn ausgezählt, und 4 Wochen nach Blühende wurde an den gleichen Infloreszenzen der Beerenansatz ermittelt.

Nach erfolgtem Austrieb wurde in Abständen von 3—4 Wochen an einer repräsentativen Auswahl von Trieben deren Länge und Blattzahl bestimmt.

Die statistische Auswertung des erfaßten Datenmaterials mittels einfacher und multipler Regressionsanalysen erfolgte durch das Rechenzentrum der Universität Hohenheim und dessen Programme.

3. Ergebnisse

3.1. Phänologische Beobachtungen (Knospenaustrieb, Blüte)

In den Jahren 1969—1972 wurden auf den 3 Standorten Flein Steinboden, Flein Tonboden und Stetten Austrieb, Blühbeginn und Blühende bonitiert.

Die Umweltabhängigkeit des Austriebs wurde mittels Korrelationsrechnung und entsprechender Klimasummen vom 15. März bis Austriebsbeginn überprüft. Dabei zeigte die Temperatur die engste Beziehung, wobei in der folgenden Zusammenstellung die Größe des r -Wertes als Ordnungskriterium gelten darf; gleichzeitig sind die entsprechenden Extremwerte der Temperatursummen angegeben:

T_0	$r = +0,469$	(293—465 °C)
T_{max}	$r = +0,762^{+2)}$	(588—852 °C)
T_{min}	$r = +0,296$	(79—317 °C)
Bt_{20}	$r = +0,541^{+ 2)}$	(258—463 °C)

Die errechneten Temperatursummen erlauben keine unmittelbare Interpretation des Temperatureinflusses auf den Zeitpunkt des Knospentreibens, was verständlich wird, wenn davon ausgegangen wird, daß Temperaturen addiert wurden, die z. T. unterhalb der für den Austrieb erforderlichen Temperaturen liegen. Einen besseren Einblick vermittelt die Gegenüberstellung der mittleren Temperaturen für den Zeitraum 15. März bis Austriebsbeginn. Dabei zeigt sich, daß

- ein später Austrieb wie in den Jahren 1969 und 1970 (im Mittel 58 Tage nach dem 15. März) mit einer niedrigen Lufttemperatur von im Mittel 6,7 °C (t_{max} 12,7 °C, Bt_{20} 6,4 °C) und
- ein früher Austrieb wie in den Jahren 1971 und 1972 (im Mittel 40 Tage nach dem 15. März) mit einer höheren Lufttemperatur von im Mittel 9,1 °C (t_{max} 16,4 °C, Bt_{20} 8,4 °C) verbunden ist.

Daraus ist zu entnehmen, daß Temperaturen oberhalb von ca. 7—8 °C zu einer Beschleunigung des Austriebs führen.

Die Regressionsanalyse zwischen der Summe der Maximumtemperaturen (y) — letztere zeigten die engste Korrelation — und dem Zeitraum (x) 15. März bis Austrieb ergab folgende Gleichung:

$$y = 419,51 + 5,61x$$

Aus dem Schnittpunkt dieser Geraden mit den jeweiligen Temperaturkurven (Abb.) ergibt sich der Austriebszeitpunkt. Wenngleich aus den vorliegenden Daten

¹⁾ + signifikant bei $p = 5\%$.

²⁾ + signifikant bei $p = 1\%$.

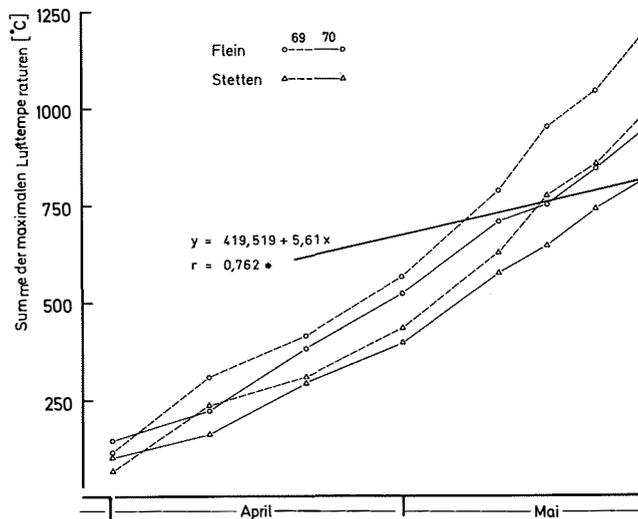


Abb.: Temperatursummenkurven und Regressionsgerade zur Ermittlung des Austriebszeitpunktes.

Temperature sums and regression line for determining the time of bud burst.

noch Abweichungen bis zu 5 Tagen vorliegen, so ist anzunehmen, daß eine Fortführung der Beobachtungsreihen und eine Ausdehnung auf weitere Sorten zu einer größeren Genauigkeit führen würden. Sodann könnten Austriebsprognosen erstellt werden, ähnlich wie es KING (1966) für den Blühbeginn der Rebe und LAWRYNOWICZ (1968) für die Obstblüte getan haben.

Der früheste Blühbeginn wurde 1971 am 9. 6. in Flein beobachtet. Die späteste Blüte setzte 1972 am 3. 7. in Stetten ein, was einer Gesamtamplitude von 24 Tagen entspricht. Die Standorte Flein Steinboden und Tonboden zeigen bis auf das Jahr 1972 absolute Übereinstimmung im Blühtermin, während in Stetten die Blüte stets 4–10 Tage später als in Flein begann.

Korrelationsrechnungen zur Phase „Austrieb bis Blüte“ wiesen erneut die Temperatur als relevantesten Faktor aus. Die jeweils aufgelaufenen Temperatursummen unterliegen jedoch einer starken jahrgangsabhängigen Varianz; folgende Amplituden wurden ermittelt:

T_0	533— 993 °C
T_{max}	863—1462 °C
BT_{20}	545— 960 °C

Wie in Tabelle 1 wiedergegeben, zeichnen sich die Jahre 1969 und 1970 durch eine kurze Phase ($\bar{x} = 38$ Tage) und 1971 und 1972 durch eine lange Phase ($\bar{x} = 59$ Tage) vom Austrieb bis Blühbeginn aus. Trotz dieser zeitlichen Differenz von 21 Tagen sind keine deutlichen Unterschiede bei den mittleren Lufttemperaturen nachzuweisen (15,5 °C bzw. 15,8 °C). Lediglich die mittleren Tagesmaxima und die mittleren Bodentemperaturen sind in den Jahren 1969 und 1970 etwas höher als in den Jahren 1971 und 1972, so daß von ihnen ein fördernder Einfluß auf den Blühbeginn angenommen werden darf. Andererseits gelang es aber nicht, eindeutige Beziehungen zur Zahl der Tage mit extrem niedrigen Temperaturen (Tagesminima unter 10 °C) oder mit extrem hohen Temperaturen (Tagesmaxima über 30 °C) aufzuzeigen.

Tabelle 1

Die Phase „Austrieb — Blühbeginn“ auf den Standorten Flein und Stetten (1969—1972)
Phase of 'bud burst — anthesis' on the locations at Flein and Stetten (1969—1972)

Standort	Blühbeginn	Phasendauer d	Temperatur		
			t ₀ °C	t _{max} °C	Bt ₂₀ °C
1969					
Flein-S	13. 6.	38	15,8	22,9	14,8
Flein-T	13. 6.	38	15,8	22,9	14,8
Stetten	21. 6.	42	13,9	22,6	14,0
1970					
Flein-S	22. 6.	37	18,1	23,3	16,8
Flein-T	22. 6.	37	14,4	26,1	18,7
Stetten	26. 6.	37	14,9	23,5	14,7
\bar{x}		38	15,5	23,6	15,6
1971					
Flein-S	9. 6.	51	17,4	24,8	14,8
Flein-T	9. 6.	51	17,5	23,5	13,5
Stetten	19. 6.	57	14,7	20,7	13,8
1972					
Flein-S	26. 6.	62	15,7	22,0	14,2
Flein-T	1. 7.	66	15,0	22,1	14,5
Stetten	3. 7.	64	14,2	21,2	13,2
\bar{x}		59	15,8	22,4	14,0

Die Blühdauer sowie die im gleichen Zeitraum gemessenen mittleren Luft- und Bodentemperaturen sind in Tabelle 2 wiedergegeben. Aus ihr geht hervor, daß die Blühdauer zwischen 8 (1970) und 14 (1972) Tagen schwankt. Mit $r = -0,231$ zur Lufttemperatur und $r = -0,404$ zur Bodentemperatur konnte zwar eine negative Abhängigkeit festgestellt werden, d. h., daß zunehmende Temperaturen eine Verkürzung der Blühdauer zur Folge haben, jedoch wurde die statistische Signifikanzschwelle nicht erreicht. Werden die Temperaturen 2 Wochen vor Blühbeginn in Beziehung zum Blühzeitpunkt gebracht, so zeigen die ermittelten Korrelationskoeffizienten von $r = -0,441$ bzw. $r = -0,733$, daß die Vorblütetemperaturen einen nicht unerheblichen Einfluß haben.

3.2. Das vegetative Wachstum

Das vegetative Wachstum wurde am Verlauf des Triebzuwachses in den Jahren 1969, 1970 und 1972 verfolgt. Die in Flein wachsenden Reben zeigten in allen Jahren das intensivste Triebwachstum mit maximalen Werten von 252 cm (1969), 160 cm (1970) und 218 cm (1972), während sie in Stetten um 40 cm (1969), 20 cm (1970) und 85 cm (1972) niedriger lagen. Die größeren Triebblängen in Flein sind vor allem auf die längere Wachstumsphase, weniger indessen auf die höhere tägliche Wachstumsgeschwindigkeit zurückzuführen (Tabelle 3). Im Mittel der Standorte zeichnet sich der Jahrgang 1969 mit einer täglichen Wachstumszunahme von 3,72 cm als besonders wüchsig gegenüber 1972 mit nur 1,87 cm aus.

Die Bedeutung einiger Standortfaktoren für das Triebwachstum ist Tabelle 4 zu entnehmen. Aus ihr ist der fördernde Einfluß aller untersuchten Faktoren zu er-

Tabelle 2
Die Blühdauer auf den Standorten Flein und Stetten (1969—1972)
Period of flowering on the locations at Flein and Stetten (1969—1972)

Standort	Blüte	Phasen- dauer d	Temperatur	
			t ₀ °C	Bt ₂₀ °C
1969				
Flein-S	13. 6. — 25. 6.	12	18,4	17,9
Flein-T	13. 6. — 25. 6.	12	18,4	17,9
Stetten	21. 6. — 2. 7.	11	14,8	14,6
\bar{x}		11,6	15,6	15,3
1970				
Flein-S	22. 6. — 30. 6.	8	21,4	22,5
Flein-T	22. 6. — 30. 6.	8	20,7	20,7
Stetten	26. 6. — 7. 7.	11	15,0	15,6
\bar{x}		9	19,0	19,6
1971				
Flein-S	9. 6. — 21. 6.	12	17,5	15,6
Flein-T	9. 6. — 21. 6.	12	13,3	15,1
Stetten	19. 6. — 30. 6.	11	16,0	15,3
\bar{x}		11,6	15,6	15,3
1972				
Flein-S	26. 6. — 10. 7.	14	20,4	19,6
Flein-T	1. 7. — 10. 7.	9	18,7	17,8
Stetten	3. 7. — 17. 7.	14	19,2	17,7
\bar{x}		12,3	19,4	18,4

Tabelle 3
Tägliche Triebblängenzunahmen (cm) während des Triebwachstums von 25 bis 125 cm
Daily increase of shoot length (cm) during the shoot growth from 25 to 125 cm

Jahr	Standort			\bar{x}
	Flein-S	Flein-T	Stetten	
1969	3,79	3,22	4,16	3,72
1970	2,08	2,27	1,72	2,02
1972	2,38	2,08	1,17	1,87
\bar{x}	2,75	2,52	2,35	

kennen, wobei sowohl die Temperatur als auch die Lichtintensität sehr relevant sind. Bis auf das Jahr 1972, bzw. den Standort Stetten, besteht aber auch zum Niederschlag eine positive signifikante Abhängigkeit.

3.3. Die generative Entwicklung, die Zahl der Infloreszenzen, der Blüten je Infloreszenz und der Beeren je Traube

Die mittlere Zahl der Infloreszenzen/Trieb (Tabelle 5) liegt zwischen 1,8 und 2,6. Die niedrigsten Werte wurden 1971, die höchsten 1969 gefunden. Signifikante Un-

Tabelle 4
Korrelationskoeffizienten zwischen Trieblänge und einigen Standortfaktoren
Correlation coefficients between shoot length and some location factors

Variable	Jahre und Orte	Jahr			Standort		
		1969	1970	1972	Flein-S	Flein-T	Stetten
L	+0,801	+0,631	+0,951	+0,975	+0,817	+0,801	+0,863
T ₀	+0,763	+0,781	+0,923	+0,985	+0,782	+0,782	+0,706
T _{max}	+0,792	+0,902	+0,956	+0,982	+0,804	+0,792	+0,765
N	+0,573	+0,708	+0,978	+0,496	+0,654	+0,664	+0,407
Bodenwasser- gehalt					+0,971	+0,790	+0,486
Signifikanz- schwelle p = 5%	0,300	0,670			0,510		

Tabelle 5
Infloreszenzzahl/Trieb und Blütenzahl/Infloreszenz auf den einzelnen Standorten
(1969—1972)
Number of inflorescences per shoot and number of flowers per inflorescence on the
different locations (1969—1972)

Standort	Jahr				\bar{x}	GD 5%
	1969	1970	1971	1972		
Infloreszenzzahl/Trieb						
Flein-S	2,3	2,0	2,0	2,1	2,1	Orte/Jahre: 0,37
Flein-T	2,6	2,5	2,1	2,0	2,3	Jahre: 0,33
Stetten	2,2	2,1	1,8	2,4	2,1	
\bar{x}	2,4	2,2	2,0	2,2		
Blütenzahl/Infloreszenz						
Flein-S	187,6	208,0	202,3	182,3	195,1	Orte/Jahre: 39,5
Flein-T	169,2	209,0	173,3	216,9	192,1	Jahre: 34,2
Stetten	205,3	221,0	145,3	198,1	192,5	
\bar{x}	187,4	212,7	173,7	199,1		

terschiede traten allerdings nur in einzelnen Jahren zwischen den Standorten auf, namentlich zwischen Flein Tonboden und Stetten.

Die mittlere Blütenzahl/Infloreszenz (Tabelle 5) zeigt Extremwerte von 145,3 und 221,0. Die Amplitude betrug somit 75,7 Blüten/Infloreszenz. Die niedrigsten Blütenzahlen mit 173,7 wurden 1971 und die höchsten Zahlen mit im Mittel 212,7 im Jahr 1970 ausgezählt. Zwischen den Standorten wurden 4jährige Mittelwerte von 192,1 bis 195,1 errechnet.

Bei der Rebe erfolgt die Anlage von Infloreszenzen im Vorjahr (vgl. MAY 1964, ALLEWELDT und BALKEMA 1965). Die ersten Blütenprimordien sind im August erkennbar. Um eventuelle Klimaeinflüsse auf die Anlage der reproduktiven Organe zu erfassen, sind jeweils die Klimakomponenten des Vorjahres den im Folgejahr ausgezählten Infloreszenzen und Blüten gegenüberzustellen. So wurden die klimatischen Faktoren vom 15. Mai bis zur Lese mit der Infloreszenzzahl/Trieb und vom 1. August bis zur Lese mit der Blütenzahl/Infloreszenz, bzw. Trieb, verglichen.

Tabelle 6

Korrelationskoeffizienten zwischen Infloreszenzzahl/Trieb und einigen klimatischen Parametern des Vorjahres (Zeitraum 15. Mai bis Ernte) auf den einzelnen Standorten (1969—1972)

Correlation coefficients between number of inflorescences per shoot and some climatic parameters of the preceding year (period 15th May to vintage) on the different locations (1969—1972)

Variable	1969—1972	Jahr			
		1969	1970	1971	1972
T ₀	+0,143	+0,693	+0,327	+0,563	+0,074
T _{max}	—0,207	+0,693	+0,327	+0,930	—0,708
N	+0,394	—0,693	+0,327	+0,944	+0,970
L	—0,575	—	+0,327	+0,944	—0,740
Signifikanzschwelle p = 5%	0,58	0,99			

Tabelle 7

Beerenansatz in v. H. der Blütenzahl/Infloreszenz auf den einzelnen Standorten (1970—1972)

Berry set as percentage of the number of flowers per inflorescence on the different locations (1970—1972)

Standort	Jahr			\bar{x}	GD 5%
	1970	1971	1972		
Flein-S	36,4	34,1	40,8	37,1	Orte/Jahre: 6,94
Flein-T	38,3	41,6	35,3	38,4	
Stetten	40,3	44,2	37,9	40,8	
\bar{x}	38,3	40,0	38,0	38,7	

Die Infloreszenzzahl war zwar, sowohl über alle Jahre als auch in den Einzeljahren, positiv mit der Summe der mittleren Tagestemperaturen über 0 °C korreliert, jedoch nicht signifikant (vgl. Tabelle 6), daneben treten aber bei der Summe der täglichen Maximumtemperaturen, der Lichtintensität und dem Niederschlag teilweise negative Abhängigkeiten auf. Greift man als Beispiel das Jahr 1971/1972 heraus, so liegt folgender Zusammenhang vor: Die Infloreszenzzahl war nicht mit der Temperatur über 0 °C korreliert, d. h., in diesem Falle war offensichtlich nicht die Temperatur der limitierende Faktor, da ohnehin außerordentlich günstige Temperaturbedingungen herrschten. Dagegen war das Jahr sehr regenarm, so daß sich eine sehr hohe positive Korrelation der Infloreszenzzahl/Trieb (1972) zum Niederschlag (1971) ergab. Letzteres wird auch durch den r-Wert (+0,402) zwischen Bodenwasserhalt und Infloreszenzzahl bestätigt. Die Lichtintensität wiederum war, bedingt durch das strahlungsreiche Jahr (1971), negativ korreliert.

Zur Blütenzahl/Infloreszenz, bzw. Trieb, konnten für den untersuchten Zeitraum keine Beziehungen abgeleitet werden.

Durch den Verrieselungsgrad bzw. Beerenansatz (Tabelle 7) erfährt die Fruchtbarkeit eine sehr einschneidende Veränderung. Stetten bringt im Mittel der Jahre mit 40,8% den höchsten Beerenansatz und liegt auch, mit Ausnahme von 1972, immer vor den beiden anderen Standorten. Der höchste Jahresdurchschnitt wird 1971

mit 40,0% gefunden, obwohl die Reben auf dem Steinboden in Flein in diesem Jahr mit 34,1% den niedrigsten Ansatz während des gesamten Untersuchungszeitraumes erbrachten. Durchgeführte Korrelationsrechnungen über alle Standorte und Jahre für die Zeiträume „Blühbeginn bis Blühende“, bzw. „Blühbeginn bis 6 Wochen nach Blühende“, brachten zur Temperatur sehr schwache negative ($-0,122$, bzw. $-0,146$) und zum Niederschlag sowohl positive ($+0,105$) als auch negative ($-0,399$) Beziehungen. Zum Bodenwassergehalt hingegen war die Beziehung mit $r = +0,520$ für den Zeitraum Blühbeginn bis 6 Wochen nach Blühende etwas deutlicher, jedoch ebenfalls nicht signifikant.

4. Diskussion

4.1. Das vegetative Wachstum

Es ist naheliegend, für den Vegetationsbeginn (Knospenaustrieb) die Temperatur als wichtigsten auslösenden Umweltfaktor anzusehen. Wie gezeigt werden konnte, sind im Mittel der Jahre die engsten Beziehungen zu den täglichen Maxima der Lufttemperatur bzw. der Bodentemperatur in 20 cm Tiefe ab 15. März eingetreten. Die stark schwankenden Temperatursummen deuten an, daß der Austrieb durch zwischenzeitlich tiefe Temperaturen (vgl. ALLEWELDT 1960) verzögert wird und erst durch erneut höhere Temperaturen kompensiert werden kann. Daher ist es in unserem Anbaubereich problematisch, den Austrieb allein mit fixen Temperatursummen charakterisieren zu wollen, wie dies beispielsweise POENARU und LAZARESCU (1969) für Rumänien vorgeschlagen haben. Eine gewisse Konstanz wird lediglich von den täglichen Temperaturmaxima erreicht, weshalb deren Summenbildung für die vorgeschlagene Austriebsprognose benutzt wurde. Die aufgezeigte Beziehung zwischen Knospenaustrieb und Temperatur wird durch Befunde von MAY (1957) und BECKER (1967) bestätigt.

Der Phase „Austrieb bis Beginn der Reblüte“ werden in der Literatur (HORNEY 1966, KING 1966, PEYER und KOBLET 1966) verschiedene meteorologische Parameter zugeordnet, wie Lufttemperatur >0 °C, >5 °C, >10 °C, Bodentemperatur, Niederschlag und Bodenwasser. Unter Variation des Starttages (15. März, Austrieb) und der Basistemperatur (>0 °C, >5 °C, >10 °C) wurde anhand der Regressionsanalyse untersucht, welche Zeitspanne und welcher Summenwert am engsten mit dem Blühbeginn korreliert ist. Dabei wurde deutlich, daß mit zunehmender Nähe zum Blühzeitpunkt die Beziehungen bei allen Parametern immer enger werden. Als sinnvoll erwies sich die Zeit „Austrieb bis Blühbeginn“, wobei den täglichen Maxima der Lufttemperatur offensichtlich ein bestimmender Einfluß zukommt. Wenngleich innerhalb der Einzeljahre und der 3 Standorte recht einheitliche Temperatursummen auftreten, so ist doch zwischen den Jahren (vgl. Amplituden S. 106) und der dazugehörigen Phasendauer eine recht starke Streuung festgestellt worden. Hier wäre an „unwirksam“ hohe oder — je nach Basiswert — an „unwirksam“ niedere Temperaturen zu denken, die zwar in die rechnerische Summenbildung eingehen, jedoch nicht von der Pflanze mit einer linearen Entwicklungsbeschleunigung bzw. -verzögerung beantwortet werden. Ähnliche Zusammenhänge wurden auch von PEYER und KOBLET (1966), BUTTROSE (1969 a, b) sowie BUTTROSE und HALE (1973) beschrieben. Hingegen liegt nach HORNEY (1966) eine relativ konstante, sortenspezifische Temperatursumme (10 °C) vom Blüten bis Blühbeginn vor, was darauf hindeutet, daß die Temperatur der allein wirksame Faktor ist (LOTZ 1959). Doch hat ein zunehmender Bodenwassergehalt eine blühverzögernde Wirkung (BECKER 1969), wobei Wechselwirkungen zur Temperatur vermutet werden dürfen; zudem muß auch mit variierenden Einflüssen der Unterlage und Bodenfruchtbarkeit gerechnet werden.

Bei der untersuchten Sorte Riesling kann ab einer Temperatursumme von 550 °C (0 °) bzw. 850 °C (t_{max}) nach dem Austrieb mit der Blüte gerechnet werden, wobei Temperaturen oberhalb von 15 °C als besonders wirksam gelten dürfen.

Nach LOTZ (1959) soll die Temperaturhöhe während der Blüte einen Einfluß auf deren Dauer haben. Ein solcher Zusammenhang kann nur für die Jahre 1969 und 1970 abgelesen werden. Die Tatsache, daß die Beziehung zwischen Blühdauer und den Temperaturen „2 Wochen vor Blühbeginn“ enger ist, spricht dafür, daß die Pflanzenreaktion einem „time lag“ unterliegt, weshalb auch aufgrund vorliegender Ergebnisse keine strenge Abhängigkeit zwischen Blühdauer und Temperaturhöhe über den gleichen Zeitraum ermittelt werden konnte.

Für das Triebwachstum konnte neben der Temperatur und dem Niederschlag bzw. Bodenwassergehalt besonders die Lichtintensität als signifikante positive Einflußgröße ermittelt werden. Die fördernde Wirkung der Lichtintensität geht auch aus Untersuchungen von GEISLER (1963) sowie KLEWER *et al.* (1972) hervor. Wenn gleich aus Berechnungsversuchen von BRANAS (1968) und JUSTYAK (1968) der positive Einfluß einer günstigen Bodenfeuchte bekannt ist, so ist doch aus dem geringeren Triebwachstum auf dem Standort Stetten bei gleichzeitig höherer Wasserversorgung gegenüber den Standorten Flein zu erkennen, daß nicht nur die Bodenfeuchte, sondern auch die Temperatur (KOBAYASHI *et al.* 1967, BUTTROSE 1969 c) wirksam wird. Gleichwohl zeigen jedoch die Korrelationskoeffizienten zwischen dem Bodenwassergehalt und der Trieblänge einen deutlich standortabhängigen Zusammenhang entsprechend der Bodenwasserkapazität.

4.2. Die Blütenbildung

Der positive Einfluß der Temperatur auf die Knospenfruchtbarkeit wurde in jüngster Zeit von SCHUMANN (1972), KLENERT (1972) sowie BUTTROSE und HALE (1973) herausgestellt. Daneben konnten eine Reihe von Autoren auch zwischen Blütenbildung und Lichtintensität (MAY und ANTCLIFF 1963, MAY 1965, KOBAYASHI *et al.* 1966, BUTTROSE 1969 a, b, KHANDUJA und BALASUBRAHMANYAM 1972 und KLENERT 1972), sowie zum Niederschlag (HUGLIN 1960, BALDWIN 1964) enge positive Korrelationen nachweisen.

Das Wechselspiel zwischen Temperatur, Lichtintensität und Bodenfeuchte als Faktoren, welche die Infloreszenzbildung (Infloreszenzzahl/Trieb) beeinflussen, spiegelt sich auch in den Ergebnissen der vorliegenden Korrelationsrechnungen wider. Allerdings war es aufgrund der beiden Extremjahre 1968 (unterdurchschnittliche Temperatur, hoher Niederschlag) und 1971 (hohe Temperatur und geringer Niederschlag) nicht möglich, bei der Gesamtbetrachtung über alle Jahre hinweg, hohe positive Korrelationen zu Temperatur und Lichtintensität zu ermitteln; dies steht im Einklang mit Resultaten von MAY (1957). Etwas engere Beziehungen konnten hingegen zum Niederschlag bzw. Bodenwassergehalt errechnet werden, d. h., daß dieser Faktor am ehesten limitierend wirken kann. Dies gilt für die Infloreszenzbildung sowohl in den einzelnen Jahren als auch an den verschiedenen Standorten, wobei auftretende Differenzen in der Intensität der Infloreszenzbildung nahezu ausnahmslos durch Interaktionen von Temperatur und Bodenfeuchte erklärt werden können.

Eine starke Reduktion der potentiellen Fruchtbarkeit ruft der Verrieselungsgrad hervor. Neben genetischen Faktoren sind hierfür im wesentlichen extreme Temperatur- (MÜLLER-THURGAU 1903, SARTORIUS 1926, HAESSLER 1963, KOBAYASHI *et al.* 1965 a, b, c, 1967, KOBLET 1966, SCHUMANN 1972, BUTTROSE und HALE 1973) und Niederschlags- bzw. Bodenfeuchtebedingungen (KOBAYASHI *et al.* 1963, SHIMOMURA 1967) verantwortlich. Von den aufgeführten Ursachen lag auf den Standorten in Flein

und Stetten zwischen Beerenansatz und Bodenwassergehalt die engste Beziehung ($r = +0,520$) vor. Andererseits wird aber auch gerade im trockenen Jahr 1971 auf dem Tonboden in Flein sowie in Stetten, im Gegensatz zum Steinboden in Flein, der höchste Beerenansatz gefunden, wobei angenommen werden muß, daß hier verschiedene Ursachen vorliegen. Einer geringen Blütenzahl steht nach HUGLIN und BALTHAZARD (1973) in der Regel ein relativ hoher Beerenansatz gegenüber. Diese Voraussetzungen waren 1971 gegeben, sie wurden jedoch nur in Stetten und auf dem Tonboden in Flein, bedingt durch die günstigere Bodenwasserkapazität, realisiert, während der Beerenansatz auf dem Steinboden eindeutig vom Wassermangel beeinflußt war. Die negative Korrelation zum Triebwachstum im Jahr 1971 ist ebenfalls unter dem Aspekt der Wasserversorgung zu sehen.

5. Zusammenfassung

1. In den Jahren 1969—1972 wurden auf 3 Versuchspartzen Nordwürttembergs, in Flein und Stetten a. H., Wachstum und Entwicklung der Rebsorte Riesling mit den vorliegenden Standortfaktoren Temperatur, Lichtintensität, Niederschlag und Bodenwassergehalt verglichen.
2. Austrieb und Blüte der Reben zeigten eine enge Beziehung zu den täglichen Maxima der Lufttemperatur und der mittleren Bodentemperatur in 20 cm Tiefe. Für den Austrieb waren besonders Temperaturen oberhalb von 7—8 °C, für die Blüte oberhalb 15 °C wirksam.
3. Das Triebwachstum wurde außer durch die Lichtintensität ($r = +0,801$) und die Temperatur ($r = +0,763$) auch vom Niederschlag ($r = +0,573$) positiv beeinflußt. Auf dem trockneren Standort Flein Steinboden stand der Bodenwassergehalt in seiner Bedeutung vor den übrigen Faktoren.
4. Bei der Infloreszenzbildung und dem Verrieselungsgrad erwies sich der Bodenwassergehalt als relevantester Umweltfaktor.

6. Literatur

- AICHELE, H., 1961: Die Bedeutung des Kleinklimas im Qualitätsweinbau. Wein-Wiss. 12, 197—205.
- ALLEWELDT, G., 1959: Untersuchungen über die Gescheinszahl der Reben. Wein-Wiss. 14, 61—69.
- — —, 1960: Untersuchungen über den Austrieb der Winterknospen von Reben. Vitis 2, 134—152.
- — —, 1967: Der Einfluß des Klimas auf Ertrag und Mostqualität der Reben. Rebe u. Wein 20, 312—317.
- — — und BALKEMA, G. H., 1965: Über die Anlage von Infloreszenz- und Blütenprimordien in den Winterknospen der Rebe. Z. Acker- u. Pflanzenbau 123, 59—74.
- ANTCLIFF, A. J. and MAY, P., 1961: Dormancy and bud burst in Sultana vines. Vitis 3, 1—14.
- BALDWIN, I. G., 1964: The relation between weather and fruitfulness of the Sultana. Austral. J. Agricult. Res. 15, 920—928.
- BECKER, N. J., 1967: Beiträge zur Standortforschung bei Reben (*Vitis vinifera* L.) Ergebnisse einer Erhebungsuntersuchung im Rheingau. Diss. Univ. Gießen.
- — —, 1969: Phänologische Beobachtungen an Reben und ihre praktische Anwendung zur Gütekartierung von Weinbergslagen. Wein-Wiss. 24, 136—156.
- BÖLL, K. P., 1971: Beziehungen zwischen Klima, Traubenentwicklung und Mostqualität in Baden-Württemberg. Wein-Wiss. 26, 90—111.
- BUGNON, F. et BESSIS, R., 1968: Biologie de la vigne. Verlag Masson, Paris.
- BURCKHARDT, H., 1958: Der Umweltfaktor Klima im Weinbau. Wein-Wiss. 12, 59—65.
- BUTTROSE, M. S., 1969 a: Fruitfulness in grapevines: Effects of light intensity and temperature. Bot. Gaz. 130, 166—173.
- — —, 1969 b: Fruitfulness in grapevines: Effects of changes in temperature and light regimes. Bot. Gaz. 130, 173—179.
- — —, 1969 c: Vegetative growth of grapevine varieties under controlled temperature and light intensity. Vitis 8, 280—285.
- — — and HALE, C. R., 1973: Effect of temperature on development of the grapevine inflorescence after bud burst. Amer. J. Enol. Viticult. 24, 14—16.

- DECKER, K., 1960: Das Weinbauklima. Dt. Weinbau 15, 288—292, 326—328.
- GEISLER, G., 1963: Art- und sortenspezifische CO₂-Assimilationsraten von Reben unter Berücksichtigung wechselnder Beleuchtungsstärken. Mitt. Klosterneuburg A 13, 301—305.
- GOLLMICK, F., BOCKER, H. und GRÜNDEL, H., 1970: Das Weinbuch. Fachbuchverlag Leipzig, 3. Aufl.
- HAESSLER, C. W., 1963: Studies concerned with cluster initiation, fruit set, berry maturity and estimation of the number of flower clusters, of concord grapevines (*Vitis labrusca* L.). Hort. Abstr. 33, 494.
- HOFFMANN, K. M., 1970: Weinkunde in Stichworten. F. Hirt-Verlag, 1. Aufl.
- HORNEY, G., 1966: Die Vorhersage des Blühtermins der Reben. Weinberg u. Keller 13, 263—273.
- HUGLIN, P., 1960: Untersuchungen über die Knospenfruchtbarkeit der Reben mit besonderer Berücksichtigung ihrer Beziehungen zu den Unterlagen. Weinberg u. Keller, 7, 127—137.
- — et BALTHAZARD, J., 1975: Variabilité et fluctuation de la composition des inflorescences et des grappes chez quelques variétés de *Vitis vinifera*. Vitis 14, 6—13.
- JUSTYAK, J., 1968: Régimes thermiques dans des vignes cultivées avec et sans irrigation. Acta Geograph. Debrecina 14, 105—113.
- KHANDUJA, S. D. and BALASUBRAHMANYAM, V. R., 1972: Fruitfulness of grapevine buds. Econ. Bot. (Bronx, N. Y.) 26, 280—294.
- KING, F., 1966: Zur Phänologie der Rebenblüte. Meteorol. Rundsch. 19, 165—171.
- KLEINERT, 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.
- KLIEWER, W. M., LIDER, L. A., 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.
- KOBAYASHI, A., 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.
- — , SUGIURA, A., WATANABE, H., and YAMAHURA, H., 1966: On the effects of day length on the growth and flower bud formation of grapes. Mem. Res. Inst. Food Sci. Kyoto Univ. 27, 15—27.
- — , 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. Kyoto Univ. 28, 35—46.
- — , — — , and ITANO, T., 1967: Studies on the thermal conditions of grapes. III: 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 MATSUNAGA, F., 1965: V: 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: IV: Effects of day and night temperatures on the growth of Delaware. J. Jap. Soc. Hort. Sci. 34, 77—84.
- KOBLET, W., 1966: Fruchtansatz bei Reben in Abhängigkeit von Triebbehandlung und Klimafaktoren. Wein-Wiss. 20, 237—244.
- LAWRYNOWICZ, R., 1968: Untersuchungen zur Abhängigkeit des Beginns der Obstblüte von der Witterung. Ber. Dt. Wetterd. 15, 1—32.
- LOTZ, F. M., 1959: Vergleichende Beobachtungen zur Rebenphänologie. Dt. Weinbau 14, 420—422.
- 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., 1964: Über die Knospen- und Infloreszenzentwicklung der Rebe. Wein-Wiss. 19, 457—485.
- — , 1965: Reducing inflorescence formation by shading individual Sultana buds. Austral. J. Biol. Sci. 18, 463—473.
- — and ANTCLIFF, A., 1963: The effect of shading on fruitfulness and yield in the Sultana. J. Hort. Sci. 38, 85—94.
- MORGEN, A., 1958: Klimabedingte Anbauschränken der Weinreben. Wein-Wiss. 13, 35—44.
- MÜLLER-THURGAU, H., 1903: Die Folgen der Bestäubung bei Obst- und Beerenblüten. 8. Ber. Zürcher Bot. Ges.
- PEYER, E. und KOBLET, W., 1966: Der Einfluß der Temperatur und Sonnenscheinstunden auf den Blütezeitpunkt der Reben. Schweiz. Z. Obst- Weinbau 102, 250—255.
- POENARU, I. et LAZARESCU, V., 1959: Les conditions thermiques nécessaires pour le départ en végétation de la vigne. Stud. Cercet. Biol., Ser. Biol. Veg. 11, 181—198.
- SARTORIUS, O., 1926: Zur Entwicklung und Physiologie der Reblüte. Angew. Bot. 8, 29—62; 65—89.
- SHIMOMURA, K., 1967: Effects of soil moisture on the growth and nutrient absorption of grapes. Acta Agron. (Budapest) 16 (1—2), 209—216.
- SCHLICHTING, E. und BLUME, H. P., 1966: Bodenkundliches Praktikum, Verlag P. Parey, Hamburg, 1. Aufl.

- SCHUMANN, F., 1972: Vergleich von morphologischen und physiologischen Eigenschaften verschiedener *Vitis-vinifera*-Sorten und -Kreuzungen. Diss. Univ. Bonn.
- STAEHLIN, M., JAQUINET, A. et SIMON, I. L., 1970: Particularités du climat et compartement de la vigne. Rev. Suisse Viticult. Arboricult. 2, 14—19.
- TRENKLE, H., 1971: Einfluß von Wärmesummen und Sonnenscheinstunden auf die Vegetationszeit der Rebe und die Mostgewichte. Obst u. Garten 90, 70—72.
- VOGT, E., 1967: Weinbau. Verlag E. ULMER, Stuttgart, 4. Aufl.
- WINKLER, A. J., 1962: General Viticulture. Univ. Calif. Press, Berkeley.
- ZEMBERG, A., 1967: Einfluß der Herabsetzung der Assimilationsfläche auf die Anlegung von Gescheinen bei weißem Burgunder, grünem Veltliner und Welschriesling. Vinohrad 5, 42—43. [Ref.: Mitt. Klosterneuburg 18, 132, 1968].

Eingegangen am 13. 1. 1975

Prof. Dr. G. ALLEWELDT
Dr. W. HOFÄCKER
Lehrstuhl für Weinbau
Universität Hohenheim (LH)
7000 Stuttgart-Hohenheim