

Lehrstuhl für Weinbau, Universität Hohenheim
Bundesforschungsanstalt für Rebenzüchtung Geilweilerhof, Siebeldingen

Zum Einfluß des Klimas auf Beerenentwicklung, Ertrag und Qualität bei Reben: Ergebnisse einer siebenjährigen Faktorenanalyse

von

G. ALLEWELDT, H. DÜRING und K.-H. JUNG

The effects of climate on berry development, yield and quality of grapevines: Results of a seven-year factor analysis

S u m m a r y . — From 1975 to 1981 at the Bundesforschungsanstalt für Rebenzüchtung the influence of several climatic factors on berry development and must quality of 58 grape vine varieties was studied.

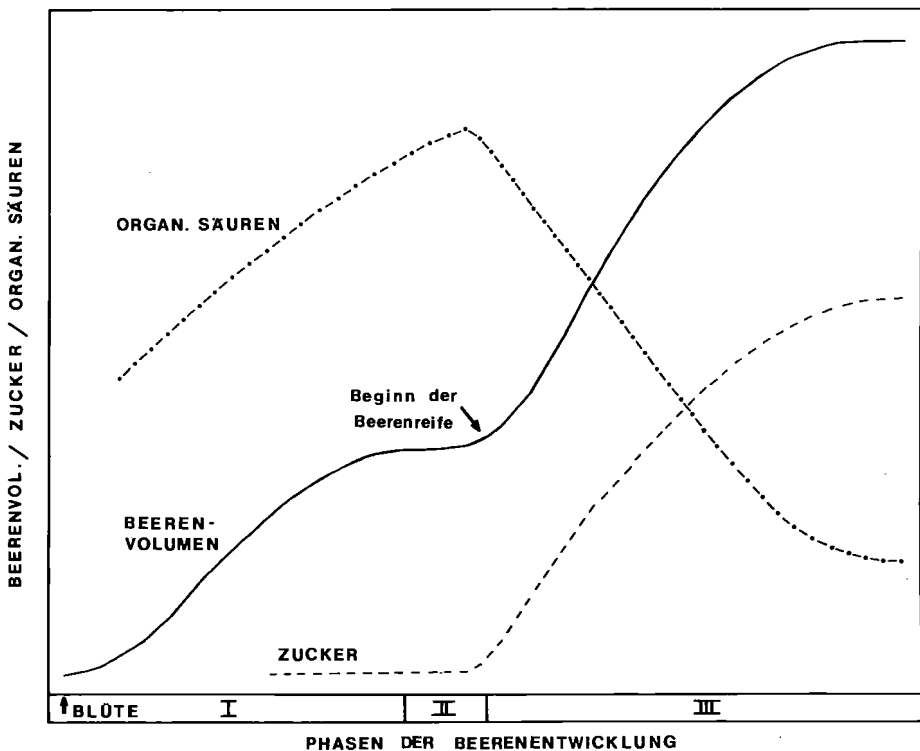
1. Taking all varieties together, the duration of stage I of berry development and the temperature before and during stage I as well as the radiation in stage I, were negatively correlated, while a positive correlation was calculated between the duration of stage I and the rainfall in this stage.
The duration of stages II and III was shown to be correlated also with the rainfall in each of these stages. The duration of the periods bloom-onset of sugar accumulation and bloom-maximum of titrable acidity showed a relatively close correlation. A weak negative correlation was found between the speed of sugar accumulation and the temperature in stage III.
2. Studies of several groups of varieties in certain years indicated that, in general, high temperatures and high radiation in stage I hastened and high rainfall in this stage delayed the duration of stage I.
High prebloom temperatures and radiation shortened the duration of stage I, too, while high prebloom rainfall enlarged the duration of stage I. In all groups of varieties the duration of stages II and III was positively correlated with the rainfall in these stages.
The relatively low correlations found between the course of berry development and the climatic factors when all varieties or certain groups of varieties were pooled together is suggested to be due to the strong influence of the genetic component of single varieties.
3. The duration of the stages and the speed of sugar accumulation of *Bacchus* vines were shown to be largely independent on temperature and radiation; only the duration of stages II and III was positively correlated to rainfall. A close correlation, however, specific to the varieties *Comtessa*, *Forta* and *Riesling*, was established between the climatic factors during the stages and the duration of these stages.
4. To characterize the berry development of a variety, the duration bloom-onset of sugar accumulation as well as the speed of sugar accumulation and the decrease of acidity are supposed to be of primary importance.
5. A high sugar content of the must was closely correlated to short stages I and II, and to a high speed of sugar accumulation; the acidity of the must was negatively correlated to the temperature and the radiation in stage III.

Einleitung

Die einzelnen Rebsorten stellen spezifische Ansprüche an den Standort, im besonderen an das Klima, zumal dann, wenn das Ziel einer Optimierung von Qualität und Ertrag bei gleichzeitiger Aufrechterhaltung einer hohen Ertragssicherheit verfolgt wird. Gerade in dem an der nördlichen Peripherie des europäischen Weinbaus angesiedelten deutschen Weinbau stellt das Klima das wohl wichtigste Unsicherheitsmo-

ment dar. Aufgrund der relativ kurzen Zeit, die in diesem Klimabereich für die generative Phase zur Verfügung steht, kommt dem von Genotyp und Umwelt geprägten Verlauf der Beerenentwicklung eine besondere Bedeutung zu. In der Vergangenheit wurde bereits in einer Reihe von Arbeiten die Rolle des Klimas bzw. einzelner Klimafaktoren für die Beerenentwicklung sowie die Ertrags- und Qualitätsbildung untersucht (KOBLET 1965, ALLEWELDT 1967, KLEWER und LIDER 1970, BÖLL 1971, EICHORN 1971, KLENERT 1972, HOFACKER 1976, KLENERT *et al.* 1978).

In der vorliegenden Faktorenanalyse wird der Einfluß einzelner Klimafaktoren von der Vorblüte- bis zur Reifungsphase auf a) die Entwicklungsprozesse in den Beeren, wie Beerenwachstum, Geschwindigkeit des Zuckeranstiegs und der Säureabnahme, b) auf die Dauer der einzelnen Phasen der Beerenentwicklung untersucht; ferner werden c) die Interaktionen zwischen den einzelnen Entwicklungsphasen sowie d) die Beziehungen zwischen den Witterungsfaktoren einerseits und den Entwicklungsprozessen der Beeren und der Qualität andererseits geprüft. Daneben werden Kriterien zur Unterscheidung von Rebsorten aufgrund einzelner Parameter der Beerenentwicklung herausgestellt. Die Arbeit basiert auf Datenmaterial, das über 7 Jahre auf einem Standort an einer großen Anzahl von Rebsorten gesammelt wurde.



Schematische Darstellung des zeitlichen Verlaufes der Beerenentwicklung bei Reben von der Blüte bis zur Reife. Die drei Phasen ergeben sich aus dem Verlauf des Beerenvolumens.

Schematic diagram of the time course of the berry development of grapevines from bloom to ripeness. The three stages are derived from the course of the berry volume.

Material und Methoden

Von 1975 bis 1981 wurden in den Monaten Juni bis November die in der Übersicht 1 aufgeführten Klimadaten erfaßt. Der Blühzeitpunkt sowie die einzelnen Daten der Beerenentwicklung wurden an insgesamt 58 Sorten auf dem Reb Gelände der BFAR Geilweilerhof ermittelt, wobei in den einzelnen Untersuchungszeiträumen jeweils unterschiedliche Sorten Verwendung fanden (Übersicht 2). Für die drei Phasen der Beerenentwicklung (Abb.) wurden die Mittelwerte der entsprechenden Tagesdurchschnittstemperaturen, der Tagesniederschläge und der täglichen Sonnenscheindauer errechnet.

Für die statistische Auswertung fungierten die Witterungsdaten als Einflußgrößen (unabhängige Variable), die Parameter der Beerenentwicklung als Zielgrößen (abhän-

Übersicht 1

Zusammenstellung der Klimafaktoren und der Parameter der Beerenentwicklung
List of climatic factors and parameters of berry development

Klimafaktor	Zeitraum	Abkürzung
Tagesdurchschnitts- temperatur	10 d vor Blüte bis Blüte	Temp. Vorblüte
	Phase I	Temp. I
	Phase II	Temp. II
	Phase III	Temp. III
Tagesniederschläge	10 d vor Blüte bis Blüte	Niedersch. Vorblüte
	Phase I	Niedersch. I
	Phase II	Niedersch. II
	Phase III	Niedersch. III
Tägliche Sonnenscheindauer	10 d vor Blüte bis Blüte	Sonne Vorblüte
	Phase I	Sonne I
	Phase II	Sonne II
	Phase III	Sonne III
Beerenentwicklung (Dauer in d)		Abkürzung
Dauer der Phase I		Dauer I
Dauer der Phase II		Dauer II
Dauer der Phase III		Dauer III
Dauer von der Blüte bis zum Beginn der Zucker- einlagerung		Blüte—Zuckereinlgg.
Dauer von der Blüte bis zum Säuremaximum		Blüte—Säuremax.
Dauer der Zuckerzunahme von 25 bis 65 °Oe		25—65 °Oe
Dauer der Säureabnahme um 20 ‰		Säureabnahme 20 ‰
Qualitätsleistung		Abkürzung
Mostgewicht (°Oe) zur Zeit der Lese		Mostgew.
Säuregehalt (‰) zur Zeit der Lese		Säure

gige Variable). Mit Hilfe der Rechenanlagen der Universität Hohenheim wurden die Daten über eine kanonische Korrelationsanalyse verrechnet (Programm: BMD P 79/P6M). Weitere Einzelheiten zum Prinzip dieses Verfahrens bei BORTZ (1979). Zur besseren Orientierung sind in der vorliegenden Arbeit nur die wichtigsten Korrelationskoeffizienten wiedergegeben; die Gesamtheit der errechneten Korrelationen findet sich bei JUNG (1982/83). Neben den kanonischen Korrelationen wurden zusätzlich bivariate Korrelationen zur Interpretation herangezogen. Zur Prüfung der Signifikanz beinhaltet das verwendete Programm einen χ^2 -Test. Mit Hilfe von multiplen Regressionsrechnungen wurden diejenigen Parameter der Beerenentwicklung ermittelt, die die stärkste sortenspezifische Ausprägung haben und die somit zur Sortenidentifizierung herangezogen werden können.

Übersicht 2

Zusammenstellung der in den einzelnen Untersuchungszeiträumen verwendeten Sorten

List of the cultivars studied in the several periods

1976—1978	1979—1981	1975—1978	1976—1980	1- bis 3jährige Untersuchungen
Ehrenfelser	Ortega	Elbling weiß	Optima	Damaszener blau (1975, 1977)
Freisamer	Würzer	Seyval	Riesling	Septimer (1979)
Faber	Dornfelder	St. Laurent	Bacchus	Gutenborner (1979)
Nobling	Domina	Leon Millet	Comtessa	Fontanara (1979)
Aris	Mariensteiner	Cabernet	Müller-	Gf. 30n-9-129 (1979)
B-6-18	Pinot noir	franc	Thurgau	Heunisch blau (1975—1977)
B-7-2	Chasselas	Kerner	Kadarka	Blaufränkisch (1979)
Fr. 589-60	blanc	Steinschiller	Gf. 31-17-115	Schönburger (1979)
Fr. 946-60	Noblessa	Aramon noir	Forta	Albalonga (1979)
Fr. 968-60	Kö-49-81	Bouvier-		Kö-50-100 (1972—1974)
Fr. 993-60		Traube		Diana (1979)
Gm. 324-58				C-97-45 (1979)
Gm. 322-58				Regner (1979)
Gm. 318-57				A-100-3 (1979)
Gm. 316-57				Rabaner (1979)
				Portugieser (1979)
				<i>Vitis caucasica</i> (1975—1977)

Ergebnisse

1 Beziehungen zwischen Klima und Beerenreife

1.1 Kanonische Korrelationsanalyse über die Daten aller Sorten (Tabelle 1)

1.1.1 Bivariate Korrelationen

In einer ersten Analyse wurde die Frage untersucht, ob zwischen den gemessenen Klimadaten (vgl. Übersicht 1) und der Phasendauer des Beerenwachstums bzw. einzelnen Parametern der Beerenentwicklung eine Beziehung besteht und, wenn ja, wie eng diese Beziehung bei Berücksichtigung aller untersuchten Sorten ist. In Tabelle 1 sind die wichtigsten Korrelationskoeffizienten zusammengefaßt. Die Dauer der Phase I ist mit der Temperatur vor und während der Phase I sowie mit der Sonnenscheindauer während der Phase I negativ korreliert, d. h. je höher die Vorblütetemperatur und die Temperatur bzw. Sonnenscheindauer in Phase I, um so kürzer die Dauer dieser Phase. Hohe Niederschläge verlängern dagegen die Phase I.

Die Dauer der Phase II ist mit der Niederschlagsmenge dieser Phase positiv korreliert.

Die Dauer der Phase III hängt aufgrund der vorliegenden Berechnungen in erster Linie von der Niederschlagsmenge dieser Phase ab; je mehr Niederschlag in der Reifephase, um so länger wird sich diese hinausziehen und umgekehrt. Eine sehr enge Beziehung besteht zwischen der Dauer Blüte—Beginn der Zuckereinlagerung und Blüte—Säuremaximum, d. h. daß sich mit einer Verzögerung des Säuremaximums auch der Zeitpunkt des Beginns der Zuckereinlagerung verzögert und umgekehrt. Des

Tabelle 1

Einige bivariate Korrelationen zwischen Witterungsfaktoren und Merkmalen der Beerenentwicklung bei Zugrundelegung aller untersuchten Sorten

Some bivariate correlations between climatic factors and features of berry development using all the cultivars tested

Parameter	Dauer					
	I	II	III	Blüte— Zucker- einlgg.	Blüte— Säure- max.	25—65 °Oe
	45	12	47	57	51	27
Temp. Vorblüte	-0,506					
Temp. I	-0,754					
Niedersch. I	0,460					
Sonne I	-0,715					
Niedersch. II		0,549				
Temp. III						-0,348
Niedersch. III			0,724			
Dauer I				0,427	0,476	
Dauer II			-0,553			
Blüte — Säuremax.				0,805		

Tabelle 2

Einige bivariate Korrelationen zwischen Witterungsfaktoren und Merkmalen der Beerenentwicklung bei den Sorten des Untersuchungszeitraumes 1976—1978

Some bivariate correlations between climatic factors and features of berry development of the cultivars studied from 1976 to 1978

Parameter	Dauer			
	I	II	III	25—65 °Oe
Temp. Vorblüte	-0,633			
Niederschl. Vorblüte	0,598			
Sonne Vorblüte	-0,719			
Temp. I	-0,864			
Niederschl. I	0,749			
Sonne I	-0,843			
Temp. II				-0,562
Niederschl. II		0,568		
Niederschl. III			0,805	
Sonne III				-0,533
25—65 °Oe			0,512	

Tabelle 3

Einige bivariate Korrelationen zwischen Witterungsfaktoren und Merkmalen der Beerenentwicklung bei den Sorten des Untersuchungszeitraumes 1975—1978

Some bivariate correlations between climatic factors and features of berry development of the cultivars studied from 1975 to 1978

Parameter	Dauer				Blüte— Zucker- einlgg.	25—65 °Oe
	I	II	III			
Temp. Vorblüte	-0,526					
Temp. I	-0,716					
Niederschl. I	0,608					
Sonne I	-0,685					
Niederschl. II		0,650				
Temp. III						-0,538
Niederschl. III			0,723			
Sonne III						-0,591
Dauer III		-0,585				
Blüte—Säuremax.					0,833	

weiteren ist die Temperatur in Phase III schwach negativ mit der Geschwindigkeit der Zuckereinlagerung korreliert.

1.1.2 Kanonische Korrelationskoeffizienten

Eine Berechnung der kanonischen Korrelationskoeffizienten läßt folgende Zusammenhänge erkennen:

- a) Die Dauer der Phase I ist entscheidend abhängig von der Temperatur und Sonnenscheindauer in Phase I, der Vorblütetemperatur und — in geringerem Maße — von der Niederschlagsmenge zur Zeit der Vorblüte und der Phase I.
- b) Die Dauer der Phase II, der Beginn der Zuckereinlagerung und das Säuremaximum stehen in engem Zusammenhang mit den Niederschlägen in Phase II.
- c) Zwischen den Niederschlägen in Phase III und der Dauer dieser Phase besteht offensichtlich ein enger Zusammenhang, indem eine Erhöhung der Niederschlagsmenge in Phase III einen verzögernden Effekt auf die Dauer dieser Phase hat (vgl. auch Tabelle 1).

Zusammenfassend ist festzustellen, daß biometrisch nur geringe Beziehungen zwischen den einzelnen Variablen aufzuzeigen sind, was sicher darauf zurückzuführen ist, daß die einzelnen Sorten unterschiedliche Zusammenhänge zwischen Klima und Beerenentwicklung aufweisen. So sind die entsprechenden Beziehungen bei Zugrundelegung aller Sorten nur schwach ausgeprägt.

1.2 Kanonische Korrelationsanalysen über die Daten verschiedener Untersuchungszeiträume (Tabellen 2—5)

Die Zusammenhänge, die sich aus den kanonischen Korrelationsanalysen über die Daten verschiedener Untersuchungszeiträume (vgl. Übersicht 2) ergeben, können

Tabelle 4

Einige bivariate Korrelationen zwischen Witterungsfaktoren und Merkmalen der Beerenentwicklung bei den Sorten des Untersuchungszeitraumes 1979—1981

Some bivariate correlations between climatic factors and features of berry development of the cultivars studied from 1979 to 1981

Parameter	Dauer					
	I	II	III	Blüte— Zucker- einlgg.	25—65 °Oe	Säure- abnahme 20 ‰
Temp. I	—0,500				—0,559	
Niedersch. I						0,521
Niedersch. II		0,556				
Temp. III					—0,580	—0,647
Niedersch. III						0,558
Sonne III						—0,628
Blüte—Zuckereinlgg.	0,910					
25—65 °Oe			0,622			
Blüte—Säuremax.	0,839			0,880		

Tabelle 5

Einige bivariate Korrelationen zwischen Witterungsfaktoren und Merkmalen der Beerenentwicklung bei den Sorten des Untersuchungszeitraumes 1976—1980

Some bivariate correlations between climatic factors and features of berry development of the cultivars studied from 1976 to 1980

Parameter	Dauer			Blüte— Zucker- einlgg.
	I	II	III	
Temp. Vorblüte	-0,531			
Temp. I	-0,779			
Sonne I	-0,745			
Niedersch. II		0,594		
Niedersch. III			0,766	
Blüte—Säuremax.				0,881

sowohl auf den klimatischen Unterschieden der einzelnen Zeiträume als auch auf Sortenunterschieden beruhen. Gleichwohl ergeben sich einzelne Beziehungen zwischen der Dauer der Entwicklungsphasen und den Klimabedingungen vor oder während der jeweiligen Entwicklungsphase, die in der Mehrzahl der Untersuchungszeiträume mathematisch erfaßt worden sind.

So wird der Verlauf der Phase I sehr deutlich von hohen Temperaturen (Tabellen 2—5) und von einer hohen Sonnenscheindauer (Tabellen 2, 3 und 5) beschleunigt, durch hohe Niederschläge dagegen verlangsamt (Tabellen 2 und 3). Ferner scheint eine Nachwirkung der Klimabedingungen während der Vorblütephase auf die Dauer der Phase I zu bestehen, und zwar derart, daß hohe Temperaturen während der Vorblüte (Tabellen 2, 3, 5) und eine hohe Lichtintensität (Tabelle 2) die Phasendauer I beschleunigen, während umgekehrt hohe Niederschläge während der Vorblüte zu einer verlängerten Phase I führen. Allerdings sind diese Nachwirkungseffekte nicht so deutlich ausgeprägt wie die unmittelbare Wirkung der Klimafaktoren während der Phase I der Beerenentwicklung.

Die Phasendauer II ist in allen Untersuchungszeiträumen positiv mit der Höhe der Niederschläge korreliert. Weder die Temperatur noch die Sonnenscheindauer ergaben gesicherte Beziehungen zur Phasendauer.

Auch die Dauer der Phase III hängt, wie Phase II, positiv von der Höhe der Niederschläge ab.

Überraschend ist der Befund, daß die Dauer der Zuckereinlagerung von 25 auf 65 °Oechsle nur in 2 von 4 Untersuchungszeiträumen negativ mit der Temperatur und der Sonnenscheindauer korreliert ist und in keinem einzigen Falle positiv mit der Niederschlagshöhe während der Zuckereinlagerung. Noch schwächer ausgeprägt sind die mathematischen Beziehungen zwischen der Dauer der Säureabnahme um 20 ‰ und den Klimafaktoren während dieses Zeitraumes. Hier konnten lediglich im Untersuchungszeitraum von 1979 bis 1981 (Tabelle 4) gesicherte Beziehungen zu den untersuchten Klimafaktoren errechnet werden.

Für die unerwartet schwachen, mathematisch nachweisbaren Beziehungen zwischen dem Ablauf der Beerenentwicklung und den Klimafaktoren dürfte vor allem

eine hohe Sortenspezifität, d. h. eine starke genetische Komponente verantwortlich zu machen sein.

1.3 Kanonische Korrelationsanalyse über die Daten von Einzelsorten

Bei den Sorten Bacchus, Comtessa, Forta und Riesling wurden kanonische Korrelationsanalysen vorgenommen, die einen Einblick in die Abhängigkeit der Beerenentwicklung einer einzelnen Sorte vom Klima geben.

1.3.1 Bacchus (Tabelle 6)

Bei der Sorte Bacchus ist die Länge der Phasen offensichtlich weitgehend unabhängig von den Temperaturen und der Sonneneinstrahlung in den einzelnen Phasen. Nur die Niederschläge lassen eine positive Beziehung zur Dauer der Phasen II und III erkennen. Die Dauer der Phase II wiederum wirkt auf die Dauer der Phase III ein, so daß kürzere Phasen II mit längeren Phasen III verbunden sind.

Die Dauer Blüte—Beginn der Zuckereinlagerung ist positiv mit der Höhe der Niederschläge in Phase I und recht eng mit der Dauer Blüte—Säuremaximum korreliert. Die Dauer Blüte—Säuremaximum hängt von der Niederschlagshöhe und der Sonnenscheindauer der Vorblüte sowie der Niederschlagshöhe der Phase I ab.

Die Geschwindigkeit der Säureabnahme ist negativ mit der Sonnenscheindauer in Phase I korreliert. In Phase III ist sie niederschlags-, temperatur- und sonnenscheinabhängig, d. h. geringe Niederschläge, hohe Temperaturen und eine hohe Sonnenscheindauer beschleunigen den Säureabbau in Phase III.

Tabelle 6

Einige bivariate Korrelationen zwischen Witterungsfaktoren und Merkmalen der Beerenentwicklung bei der Sorte Bacchus

Some bivariate correlations between climatic factors and features of berry development of the cultivar Bacchus

Parameter	Dauer (d)					
	I	II	III	Blüte— Zucker- einlgg. 51	Blüte— Säure- max. 48	Säure- abnahme 20 ‰ 39
Niedersch. Vorblüte					0,518	
Sonne Vorblüte					-0,558	
Niedersch. I	44			0,518	0,678	0,598
Sonne I						-0,503
Niedersch. II		0,712				
Temp. III						-0,718
Niedersch. III			0,567			0,711
Sonne III						-0,729
Dauer III		-0,534				
Blüte—Säuremax.				0,748		

Tabelle 7

Einige bivariate Korrelationen zwischen Witterungsfaktoren und Merkmalen der Beerenentwicklung bei der Sorte Comtessa

Some bivariate correlations between climatic factors and features of berry development of the cultivar Comtessa

Parameter	Dauer (d)				
	I	II	III	Blüte— Zucker- einlgg. 48	Blüte— Säure- max. 41
	40	8	46		
Temp. Vorblüte	-0,609				
Temp. I	-0,776			-0,625	-0,908
Sonne I	-0,639		-0,507		-0,789
Niedersch. II		0,733			
Temp. III			-0,549		
Niedersch. III			0,689		
Dauer II	-0,635				
Blüte—Zuckereinlgg.	0,774				
Blüte—Säuremax.	0,832	-0,620		0,829	

Die Zuckereinlagerung erwies sich dagegen bei der Sorte Bacchus als generell unabhängig von Klimaeinflüssen (Korrelationskoeffizienten $< 0,500$).

1.3.2 Comtessa (Tabelle 7)

Die Dauer der Phase I ist bei Comtessa, anders als bei Bacchus, vor allem von der Vorblütetemperatur sowie von der Temperatur und Sonnenscheindauer in Phase I abhängig. Mit der Dauer der Phase II ist die Dauer der Phase I negativ korreliert, d. h. je länger die Phase I, desto kürzer die Phase II und umgekehrt. Die Dauer von der Blüte bis zum Beginn der Zuckereinlagerung und, noch mehr, die Dauer Blüte—Säuremaximum hängen bei Comtessa offenbar vorrangig von der Dauer der Phase I ab.

Die Dauer der Phase II wird, wie schon mehrfach festgestellt, durch hohe Niederschläge verzögert.

In Phase III wirken niedrige Temperaturen bzw. hohe Niederschläge phasenverlängernd.

Ähnlich wie bei Bacchus besteht auch bei Comtessa eine enge Beziehung zwischen der Dauer Blüte—Beginn der Zuckereinlagerung und Blüte—Säuremaximum. Noch deutlicher als die Dauer Blüte—Beginn der Zuckereinlagerung ist die Dauer Blüte—Säuremaximum von der Witterung der Phase I abhängig. Einflüsse von Klimafaktoren auf die Geschwindigkeit der Zuckereinlagerung bzw. des Säureabbaus ließen sich bei dieser Sorte nicht nachweisen.

1.3.3 Forta (Tabelle 8)

Bei der Sorte Forta ist die Dauer der Phase I sehr eng mit der Temperatur und Sonnenscheindauer dieser Phase verbunden, jene der Phase II ist positiv mit der Nie-

Tabelle 8

Einige bivariate Korrelationen zwischen Witterungsfaktoren und Merkmalen der Beerenentwicklung bei der Sorte Forta

Some bivariate correlations between climatic factors and features of berry development of the cultivar Forta

Parameter	Dauer (d)					
	I	II	III	Blüte— Zucker— einlgg.	25—65 °Oe	Säure- abnahme 20 ‰
	43	9	56	52	27	40
Temp. I	-0,831				-0,597	
Niedersch. I					0,516	0,521
Sonne I	-0,839				-0,628	
Niedersch. II		0,639				
Temp. III			-0,520		-0,543	
Niedersch. III			0,782			0,521
Sonne III					-0,573	
Dauer III		-0,680				
Blüte—Säuremax.	0,503					

derschlagsmenge korreliert, und die Reifungsphase III ist um so kürzer, je höher die Temperaturen und je niedriger die Niederschlagsmenge sind. Wie bei der Rebsorte Bacchus besteht auch bei Forta eine negative Korrelation zwischen der Dauer der Phasen II und III.

Die Geschwindigkeit der Zuckereinlagerung wird unmittelbar durch hohe Temperaturen und hohe Sonneneinstrahlung gefördert, wobei, wie aus Tabelle 8 hervorgeht, auch eine Nachwirkung dieser Klimafaktoren — im gleichen Sinne — in der Phase I auf die Zuckereinlagerung während der Phase III angedeutet ist. Die Säureabnahme indessen wird durch hohe Niederschläge sowohl in Phase I als auch während der Prozesse der Zuckereinlagerung verlangsamt.

1.3.4 Riesling (Tabelle 9)

Die Entwicklungsphase I der Rebsorte Riesling — mit 48 d die längste der 4 aufgeführten Rebsorten — zeigt die engste Beziehung zur Umwelt: Hohe Temperaturen und Sonneneinstrahlung vor und während der Phase I wirken phasenverkürzend, hohe Niederschläge indessen phasenverlängernd. Auch die Dauer der Phasen II und III wird durch hohe Niederschläge verlängert.

Ganz im Gegensatz zur Rebsorte Bacchus, bei der keine mathematischen Beziehungen zur Geschwindigkeit der Zuckereinlagerung gefunden wurden, wird sie bei Riesling deutlich von günstigen Temperatur- und Lichtbedingungen beeinflusst. Auch eine gleichgerichtete Nachwirkung beider Klimakomponenten während der Phase I auf die Zuckereinlagerung ergibt sich aus den aufgezeigten Korrelationen. Für die Säureabnahme ließen sich bei Riesling keine Beziehungen zu Klimafaktoren errechnen.

Tabelle 9

Einige bivariate Korrelationen zwischen Witterungsfaktoren und Merkmalen der Beerenentwicklung bei der Sorte Riesling

Some bivariate correlations between climatic factors and features of berry development of the cultivar Riesling

Parameter	Dauer (d)				
	I	II	III	Blüte— Zucker- einlgg. 68	25—65 °Oe 28
Temp. Vorblüte	-0,806				
Niedersch. Vorblüte	0,609				
Sonne Vorblüte	-0,799				
Temp. I	-0,921				-0,817
Niedersch. I	0,641				
Sonne I	-0,920				-0,718
Temp. II					-0,625
Niedersch. II		0,616			
Temp. III					-0,678
Niedersch. III			0,804		
Sonne III					-0,759
Dauer II	-0,537				
Dauer III		-0,619			
25—65 °Oe	0,680				
Blüte—Säuremax.				0,527	

14 Die Unterscheidbarkeit der Rebsorten aufgrund von Merkmalen der Beerenentwicklung

Die vorgestellten Ergebnisse machen deutlich, daß der Verlauf der Beerenentwicklung in sortenspezifischer Weise durch die Witterungsfaktoren beeinflusst wird. Die einzelnen genetisch verankerten Merkmale der Beerenentwicklung werden hierbei in unterschiedlichem Maße durch äußere Faktoren variiert. Zur Charakterisierung und Klassifizierung von Rebsorten sind vor allem die weitgehend umweltunabhängigen Merkmale von besonderer Bedeutung. Eine multiple Regressionsrechnung, in die die Sorte als abhängige Variable (y) und die Merkmale des Reifungsverlaufes als unabhängige Variable eingingen, ergab die nachstehende Regressionsgleichung:

$$y = 237,473 - 1,37a - 1,13b$$

wobei a für die Dauer der Phase II und b für die Dauer Blüte—Beginn der Zuckereinlagerung steht. Anhand dieser Gleichung ließ sich eine Sorteneinteilung nach der Dauer der Phase II und nach der Dauer Blüte—Beginn der Zuckereinlagerung vornehmen. Die an 4 Sorten in Tabelle 10 dargestellten Daten erlauben eine vorläufige Einteilung in die drei Reifungskategorien früh, mittel und spät. Zur Charakterisierung der genetisch bedingten Reifezeit einzelner Sorten erscheint aus methodischen Gründen

eine Bestimmung der Dauer Blüte—Beginn der Zuckereinlagerung praktikabler als die Erfassung der Dauer der Phase II, da die exakte Bestimmung von Beginn und Ende der Phase II nicht immer einfach ist. Aufgrund der sehr engen Korrelation zwischen der Dauer Blüte—Beginn der Zuckereinlagerung und Blüte—Säuremaximum kann auch die letztgenannte Größe zur Charakterisierung der Reifezeit herangezogen werden.

Von besonderem züchterischen Interesse ist die Frage, ob beim Reifeverlauf, der mit der Geschwindigkeit der Zuckerrückbildung, dem Säuremaximum und der Säureabnahme charakterisiert ist, genetische Sortenunterschiede auftreten. In der Tat ist festzustellen, daß die Dauer der Zuckerrückbildung um 40 °Oe bei der Sorte Comtessa 8—10 d kürzer ist als bei den Sorten Bacchus, Forta und Riesling. Ähnliche Sortenunterschiede sind auch bei der Geschwindigkeit des Säureabbaues zu beobachten, während die Höhe des Säuremaximums offensichtlich keine Relevanz für den Säuregehalt zur Zeit der Vollreife besitzt.

Tabelle 10

Kriterien zur Charakterisierung des Beginns und des Verlaufs der Beerenreife bei den Sorten Comtessa, Bacchus, Forta und Riesling

Criteria to characterize the onset and the course of berry ripening of the cultivars Comtessa, Bacchus, Forta, Riesling

Sorte	Dauer II d	Blüte—Zucker- einlagg. d	25—65 ° Oe d	Säure- max. ‰	Säure- abnahme 20 ‰ d	Zeitpunkt der Beeren- reife
Comtessa ¹⁾	8	48	19	36,2	24	Früh
Bacchus ¹⁾	7	51	29	32,5	39	Mittel
Forta ²⁾	9	55	27	33,8	40	Mittel
Riesling ²⁾	19	67	28	36,5	35	Spät

¹⁾ Mittelwerte aus 7 Jahren.

²⁾ Mittelwerte aus 6 Jahren.

Tabelle 11

Einige bivariate Korrelationen zwischen Witterungsfaktoren, Merkmalen der Beerenentwicklung und der Mostqualität bei Zugrundelegung aller untersuchten Sorten

Some bivariate correlations between climatic factors, features of berry development and must quality using all the cultivars tested

Parameter	Mostgewicht	Säure
Temperatur III		-0,517
Sonne III		-0,510
Dauer I	-0,477	
Blüte—Zuckereinlagerung	-0,540	
25—65 °Oe	-0,552	
Blüte—Säuremaximum	-0,508	0,549

2 Beziehungen zwischen Klima und Qualitätsleistung

Zur Ermittlung der Beziehungen zwischen Klima und Qualitätsleistung wurden wiederum alle untersuchten Sorten zusammengefaßt. Aus Tabelle 11 geht hervor, daß hohe Mostgewichte immer dann zu erwarten sind, wenn die Dauer der Phase I bzw. der Phasen I+II kurz ist und wenn die Geschwindigkeit der Zuckereinlagerung hoch ist. Diese stark genetisch bedingten Parameter überdecken offensichtlich die unmittelbaren Klimaeinwirkungen auf das Mostgewicht. Anders verhält sich die Mostsäure. Sie ist negativ mit der Temperatur und der Sonnenscheindauer der Phase III korreliert, d. h. hohe Temperaturen und eine lange Sonnenscheindauer in der Reifungsphase führen zu niedrigen Säurewerten zur Zeit der Lese, während eine Verlängerung der Dauer Blüte—Säuremaximum mit erhöhten Säurewerten bei der Lese verbunden ist.

Diskussion

Die vorliegende statistische Verrechnung zum Einfluß des Klimas auf einzelne Prozesse der Beerenentwicklung beruht auf Messungen, die sich durch Langjährigkeit und durch eine große Sortenzahl auszeichnen. Diese Attribute tragen zum einen den von Jahr zu Jahr stark wechselnden Klimaverhältnissen im deutschen Weinbau und zum anderen der Sortenvielfalt, die der Rebenzüchtung zur Verfügung steht, Rechnung. Erst langjährige Untersuchungen an einer Vielzahl von Sorten machen Aussagen über „das Verhalten der Rebe schlechthin“ möglich.

Eine Gesamtbetrachtung der vorgelegten Befunde führt zu der schon vielfach beschriebenen Abhängigkeit des Reifeverlaufes der Weinbeeren von Klimafaktoren, doch konnten zudem sortentypische Reaktionen auf einzelne Witterungskomponenten nachgewiesen werden, die für die Züchtung von neuen Sorten beachtenswert sind.

Zunächst ist die bestimmende Rolle der Niederschlagsmenge für alle untersuchten Parameter der Beerenreife unverkennbar: Hohe Niederschläge verlangsamen die Wachstumsphasen (I—III) ebenso wie die Dauer der Zuckereinlagerung von 25 auf 65 °Oe und die Dauer der Säureabnahme. Andererseits verkürzen hohe Temperaturen und eine hohe Sonnenscheindauer die Dauer der Phase I, in schwächerem Umfang auch die Phase III, sowie die Dauer der Zuckereinlagerung bzw. die Säureabnahme.

Es kann angenommen werden, daß der Strahlungsintensität eine Schlüsselposition zufällt, da die positive Korrelation zwischen Niederschlag und Phasendauer vermutlich primär der strahlungsvermindernden Wirkung und in zweiter Linie erst der bodenfeuchteerhöhenden Wirkung niederschlagsreicher Perioden zuzuschreiben ist. Diese Befunde werden durch die Ergebnisse von KLENERT (1972) und, im Hinblick auf die Temperatur, von KLENERT *et al.* (1978) bestätigt, die in Abhängigkeit von der Entwicklungsphase einen unmittelbaren Einfluß der Temperatur auf die Entwicklung der Beeren nachwies bzw. auf den Abbau organischer Säuren, im besonderen der Äpfelsäure (Literatur bei RUFFNER 1982).

Die enge Korrelation zwischen der Dauer Blüte—Beginn der Zuckereinlagerung und der Dauer Blüte—Säuremaximum (0,805) deutet darauf hin, daß zwischen beiden Parametern ein entwicklungsphysiologischer Zusammenhang besteht; dies würde bedeuten, daß das Säuremaximum gleichrangig mit dem Beginn der Zuckereinlagerung zur Charakterisierung des Reifebeginns herangezogen werden kann.

Ein Vergleich der Sorten zeigt, daß die Geschwindigkeit der Zuckereinlagerung bei Riesling und Forta, nicht jedoch bei Bacchus und Comtesa, um weltabhängig ist. Die Geschwindigkeit der Säure-

abnahme ist demgegenüber bei Bacchus und, in geringerem Umfang, bei Forta umweltaabhängig, während Riesling und Comtessa keine deutlichen Abhängigkeiten zeigen. In diesem Zusammenhang erscheint die Tatsache interessant, daß die Sorte Comtessa gegenüber Bacchus, Forta und Riesling eine beträchtlich höhere Geschwindigkeit der Zuckereinlagerung und, bei ähnlichen Säuremaxima, auch eine höhere Geschwindigkeit des Säureabbaus aufweist.

Bei der Selektion neuer Sorten wird der Züchter im Hinblick auf qualitätsbetonte Sorten folgenden Parametern besondere Beachtung schenken:

- der Dauer Blüte—Beginn der Zuckereinlagerung,
- der Dauer Blüte—Säuremaximum, die beide relativ kurz,
- der Geschwindigkeit der Zuckereinlagerung und
- der Geschwindigkeit des Säureabbaus, die beide relativ hoch sein sollten.

Gegenüber der Dauer der einzelnen Phasen scheinen diese Daten einen engeren Bezug zu den wesentlichen Qualitätseigenschaften, im besonderen dem Mostgewicht zu haben; darüber hinaus ist ihre Ermittlung im Hinblick auf die i. a. große Zahl der zu prüfenden Sorten praktikabler.

Zusammenfassung

Von 1975 bis 1981 wurde in der Bundesforschungsanstalt für Rebenzüchtung Geilweilerhof bei insgesamt 58 Rebsorten der Einfluß einzelner Klimafaktoren auf die Beerenentwicklung und die Mostqualität untersucht.

1. Bei Zugrundelegung aller Sorten ergibt sich, daß die Dauer der Phase I der Beerenentwicklung mit der Temperatur vor und während der Phase I sowie mit der Sonnenscheindauer der Phase I negativ, mit der Niederschlagsmenge in dieser Phase dagegen positiv korreliert. Die Dauer der Phasen II und III war ebenfalls mit der Niederschlagsmenge dieser Phasen positiv korreliert. Die Dauer Blüte—Beginn der Zuckereinlagerung und Blüte—Säuremaximum sind relativ eng miteinander korreliert. Die Geschwindigkeit der Zuckereinlagerung korreliert mit der Temperatur der Phase III schwach negativ.
2. Untersuchungen einzelner Sortengruppen in verschiedenen Zeiträumen lassen generell eine beschleunigende Wirkung hoher Temperaturen und einer hohen Sonnenscheindauer sowie eine retardierende Wirkung hoher Niederschläge in Phase I auf den Verlauf der Phase I erkennen. Auch eine hohe Vorblütetemperatur und -sonnenscheindauer beschleunigen den Verlauf der Phase I, während hohe Vorblüteniederschläge zu einer Verlängerung dieser Phase führen. In allen Untersuchungszeiträumen war die Dauer der Phasen II und III positiv mit der Niederschlagsmenge dieser Phasen korreliert. Für die relativ schwachen Beziehungen zwischen dem Verlauf der Beerenentwicklung und einzelnen Klimafaktoren ist bei Zugrundelegung aller Sorten bzw. von Sortengruppen vermutlich eine hohe Sortenspezifität, i. e. genetische Komponente, verantwortlich.
3. Bei der Sorte Bacchus sind der Verlauf der Phasen und die Geschwindigkeit der Zuckereinlagerung weitgehend unabhängig von Temperatur und Sonnenscheindauer in den einzelnen Phasen; nur die Dauer der Phasen II und III korrelieren positiv mit der Niederschlagsmenge. Bei Comtessa, Forta und vor allem bei Riesling ist dagegen in sortenspezifischer Weise eine enge Beziehung zwischen den Klimafaktoren in den einzelnen Phasen und deren Verlauf festzustellen.

4. Zur Charakterisierung der Beerenentwicklung einer Sorte erscheinen die Dauer Blüte—Beginn der Zuckereinlagerung sowie die Geschwindigkeit der Zuckereinlagerung und des Säureabbaues besonders bedeutsam.
5. Hohe Mostgewichte waren mit kurzen Phasen I und II und einer hohen Geschwindigkeit der Zuckereinlagerung eng korreliert; die Mostsäure korrelierte negativ mit der Temperatur und Sonnenscheindauer der Reifephase III.

Literatur

- ALLEWELDT, G., 1967: Einfluß des Klimas auf Ertrag und Mostqualität der Reben. *Rebe und Wein* 20, 312—317.
- BÖLL, K. P., 1971: Beziehungen zwischen Klima, Traubenertrag und Mostgewicht. *Wein-Wiss.* 26, 90—111.
- BORTZ, J., 1979: Lehrbuch der Statistik. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York.
- EICHHORN, K. W., 1971: Ertragsstruktur und Beerenwachstum der Reben. Diss. Univ. Hohenheim.
- HOFÄCKER, W., 1976: Wirksamkeit einiger Umweltfaktoren während verschiedener Wachstums- und Entwicklungsphasen der Rebe als Ansatz für eine Standortbeurteilung. *Wein-Wiss.* 31, 225—237.
- JUNG, K.-H., 1982/83: Einfluß von Klimafaktoren auf die Reifephasen der Traubenbeere. Diplomarbeit, Inst. Obst-, Gemüse- Weinbau, Univ. Hohenheim.
- KLENERT, M., 1972: Künstliche Veränderung der meteorologischen Verhältnisse im Rebbestand und ihre Auswirkung auf den Ertrag und die Fruchtbarkeit der Rebe sowie das Wachstum der Traubenbeeren. Diss. Univ. Gießen.
- —, RAPP, A. und ALLEWELDT, G., 1978: Einfluß der Traubentemperatur auf Beerenwachstum und Beerenreife der Rebsorte Silvaner. *Vitis* 17, 350—360.
- KLEWER, W. M. and LIDER, L. A., 1970: Effects of day temperature and light intensity on growth and composition of *Vitis vinifera*. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 95, 766—769.
- KOBLET, W., 1965: Der Einfluß von Ertrag, Temperatur und Sonnenstunden auf die Qualität der Trauben. *Wein-Wiss.* 20, 237—244.
- RUFFNER, H. P., 1982: Metabolism of tartaric and malic acids in *Vitis*: A review. Part B. *Vitis* 21, 346—358.

Eingegangen am 29. 11. 1983

Prof. Dr. G. ALLEWELDT
Lehrstuhl für Weinbau
Universität Hohenheim
D 7000 Stuttgart 70