

Staatliches Weinbauinstitut, Freiburg im Breisgau

Entstehen kleine Beeren bei *Vitis vinifera* durch Parthenocarpie?

von

G. STAUDT und H.-H. KASSEMAYER

Do small berries in *Vitis vinifera* originate by parthenocarpy?

The frequency and development of the small juicy berries known in Germany as "Jungfernbeeren", parthenocarpic berries, were investigated during 1980 and 1981 in the cvs Müller-Thurgau, Blauer Spätburgunder, Weisser Burgunder, Ruländer, Gewürztraminer, Septimer, Huxel, Gutedel and Scheurebe. In the cvs Müller-Thurgau, Blauer Spätburgunder, Weisser Burgunder, Ruländer, Gewürztraminer and Septimer either endosperm has been found in the largest seed of each small berry or the size of these seeds leads to the conclusion that growth must be traced back to fertilization.

There was a considerable high percentage of small berries in the cvs Huxel, Gutedel and Scheurebe the seeds of which contained no endosperm. For most of these seeds, fertilization is probably the reason for the increased length of the seeds. Pollination and pollen tube growth was observed in all small berries. Thus, in the nine European cultivars of *Vitis vinifera* tested the occurrence of parthenocarpy could not be proved. Because there are also no positive results by other authors it seems not to be justified to designate the small berries of *Vitis vinifera* as parthenocarpic berries.

Einleitung

Im deutschen Weinbau werden kleine Beeren, die keine oder nur unentwickelte Samen besitzen, als Jungfernbeeren oder Jungfernfrüchte bezeichnet (MÜLLER-THURGAU 1910). Der dieser Erscheinung zugrunde liegende Vorgang der Jungfernfruchtbildung oder Parthenocarpie wurde erstmals von NOLL (1902) eingehend an Gurken beschrieben: „Für den Begriff der Parthenocarpie käme nur die Fruchtbildung unter Ausschluß jeglicher Bestäubung (und nicht etwa nur unter Ausschluß der Befruchtung) in Betracht; mit anderen Worten bleibt dabei die Keuschheit des Gynäceums maßgebend, was ja auch schon im Begriff „Jungfern“-Frucht liegt, und nicht die aus irgend welchen Gründen ausbleibende Mutterschaft trotz erfolgter Bestäubung.“ Parthenocarpie heißt also Fruchtbildung ohne vorausgegangene Bestäubung.

Die Witterungsverhältnisse des Jahres 1980, die in allen deutschen Weinbaugebieten bei fast allen Sorten zu einem hohen Anteil kleiner, sogenannter Jungfernbeeren führten, gaben den Anlaß, die Entstehung dieser Beeren genauer zu untersuchen.

Material und Methoden

In den Jahren 1980 und 1981 wurden die Beeren von je fünf Trauben der Sorten Müller-Thurgau, Blauer Spätburgunder, Weißer Burgunder, Ruländer, Gewürztraminer, Septimer, Huxel, Gutedel und Scheurebe untersucht. Die Beeren wurden bei der Reife in drei Gruppen — große (normale), mittlere und kleine Beeren (Jungfernbeeren) — eingeteilt und ihr Gewicht, die Anzahl Samen/Beere und die Länge der Samen

Tabelle 1
 Häufigkeit und Gewicht (g) der Beeren (Ernte 1980)
 Frequency and weight (g) of the berries (harvest 1980)

	Große Beeren				Mittelgroße Beeren				Kleine Beeren			
	%	$\bar{x} \pm s$	Variation		%	$\bar{x} \pm s$		Variation	%	$\bar{x} \pm s$		Variation
Müller-Thurgau	24,9	1,59	0,20	1,29—1,98	36,6	0,66	0,12	0,52—0,89	39,5	0,32	0,10	0,16—0,48
Blauer Spätburgunder	19,5	1,31	0,24	0,99—1,88	41,2	0,54	0,09	0,40—0,73	39,3	0,24	0,06	0,11—0,35
Weißer Burgunder	23,2	1,58	0,39	0,83—2,50	43,3	0,61	0,12	0,41—0,78	33,5	0,33	0,06	0,20—0,40
Ruländer	9,9	1,28	0,41	0,76—2,10	53,9	0,53	0,12	0,41—0,80	36,2	0,32	0,16	0,23—0,39
Gewürztraminer	34,7	1,71	0,31	1,95—2,59	23,1	0,51	0,08	0,41—0,72	42,2	0,29	0,08	0,16—0,40
Septimer	22,0	1,60	0,28	1,08—2,15	24,0	0,54	0,10	0,41—0,77	54,0	0,24	0,06	0,14—0,36
Huxel	23,9	2,78	0,68	1,50—3,85	33,2	0,89	0,07	0,80—1,02	42,9	0,44	0,14	0,21—0,70
Gutedel	20,4	2,63	0,43	1,37—3,11	41,5	0,55	0,08	0,41—0,67	38,1	0,28	0,07	0,14—0,39
Scheurebe	24,9	1,72	0,51	0,96—2,55	22,9	0,52	0,09	0,40—0,71	52,2	0,27	0,06	0,19—0,38

Tabelle 2
 Länge (mm) des größten Samens je Beere und Ausbildung des Endosperms (Ernte 1980)
 Length (mm) of the largest seed per berry and development of the endosperm (harvest 1980)

	Große Beeren			Mittelgroße Beeren			Kleine Beeren			Samen mit Endosperm %	Länge der Samen ohne Endosperm
	$\bar{x} \pm s$	Variation		$\bar{x} \pm s$	Variation		$\bar{x} \pm s$	Variation			
Müller-Thurgau	7,37	0,34	6,88—8,13	5,24	0,84	4,38—6,88	3,51	0,83	2,38—5,38	85	2,38—3,13
Blauer Spätburgunder	6,69	0,37	6,25—7,50	5,12	0,29	4,50—5,75	3,70	0,59	2,50—4,63	89	2,50—3,50
Weißer Burgunder	6,55	0,74	5,25—8,13	4,52	0,36	3,75—5,00	3,57	1,15	0,88—4,38	71	3,75
Ruländer	6,24	0,78	5,00—7,50	4,53	0,37	3,75—5,00	4,05	0,36	3,25—4,50	95	2,38
Gewürztraminer	6,93	0,57	5,25—6,00	4,44	0,34	4,00—5,13	3,81	0,49	3,13—4,38	85	3,13
Septimer	6,83	0,58	5,63—7,88	4,61	0,39	4,00—5,63	3,56	0,34	3,13—4,25	100	—
Huxel	7,59	1,19	4,38—9,13	2,20	0,66	1,25—3,13	1,23	0,60	0,63—2,50	0	0,63—2,50
Gutedel	7,48	0,64	5,63—8,75	3,04	1,52	0,88—4,38	0,63		0,63	0	0,63
Scheurebe	6,58	1,02	3,75—7,50	3,87	0,74	1,88—4,38	1,63	0,71	0,88—2,50	10	0,88—2,50

bestimmt. Weiterhin wurde jeweils der größte Samen je Beere auf das Vorhandensein von Endosperm untersucht.

Ergebnisse

Wie aus der Tabelle 1 hervorgeht, ließen sich die Beeren der drei Größenklassen im Jahr 1980 gut unterscheiden (Abb. 1). Die Mittelwerte variierten bei den großen Beeren je nach Sorte zwischen 1,28 g bei Ruländer und 2,78 g bei Huxel, bei den mittelgroßen Beeren zwischen 0,51 g bei Gewürztraminer und 0,89 g bei Huxel. Die kleinen Beeren unterschieden sich bei jeder Sorte deutlich von den vorhergehenden Klassen. Die Mittelwerte lagen zwischen 0,24 g bei Blauem Spätburgunder und Septimer und 0,44 g bei Huxel. Die Häufigkeit der kleinen Beeren lag bei vier Sorten über 40 %, bei den übrigen Sorten zwischen 30 und 40 %.

Aussagen über eine stattgefundene Bestäubung und Befruchtung lassen sich durch Untersuchungen des Pollenschlauchwachstums, durch Messungen der Samengröße oder besser noch anhand der Ausbildung von Embryo und Endosperm machen. Nach KASSEMAYER und STAUDT (1981, 1983) findet in der Regel eine doppelte Befruchtung statt. Als Folge davon entwickelt sich aus dem sekundären Embryosackkern das

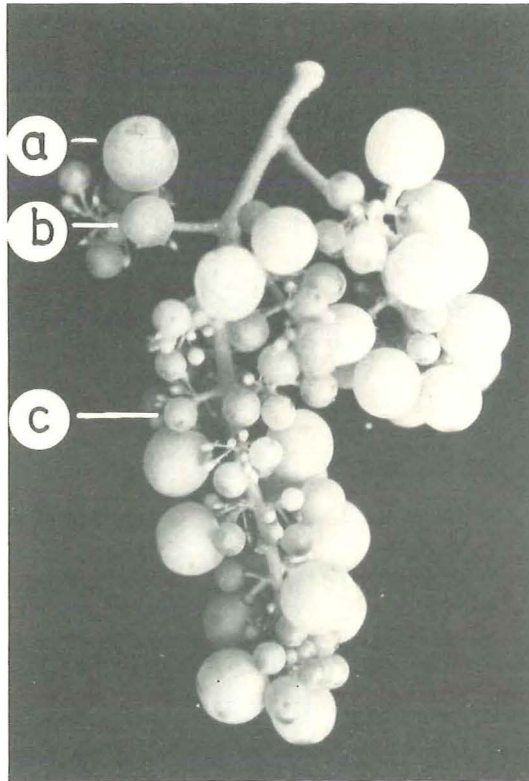


Abb. 1: Traube von *Vitis vinifera* cv. Septimer; a) große Beere, b) mittelgroße Beere, c) kleine Beere.

Cluster of *Vitis vinifera* cv. Septimer; a) large berry, b) medium sized berry, c) small berry.

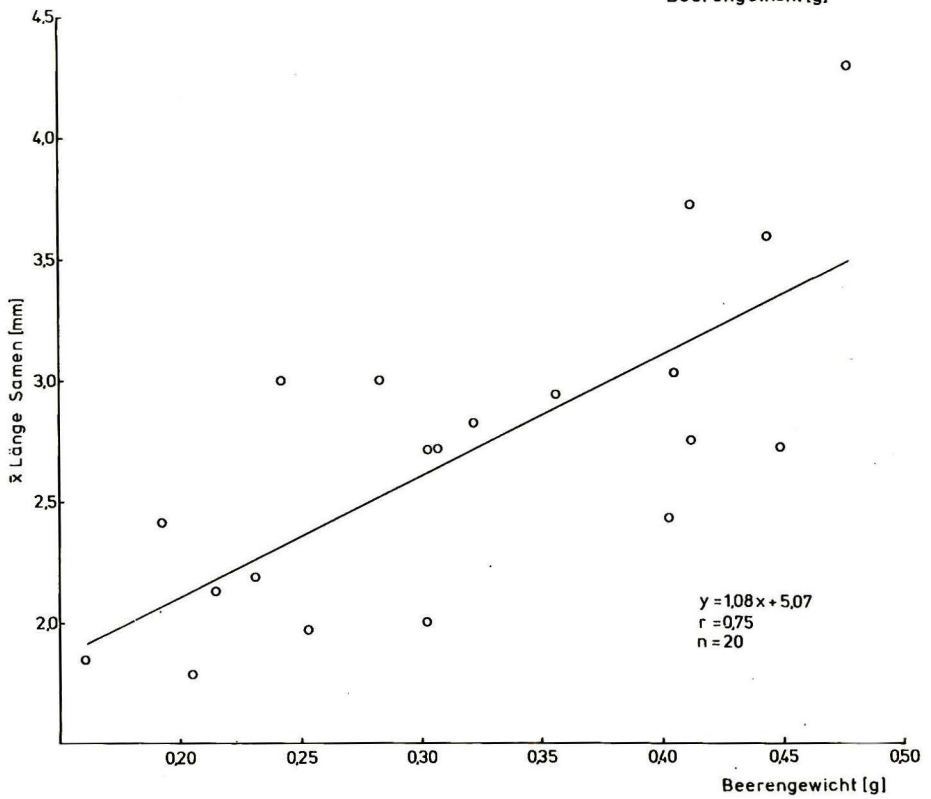
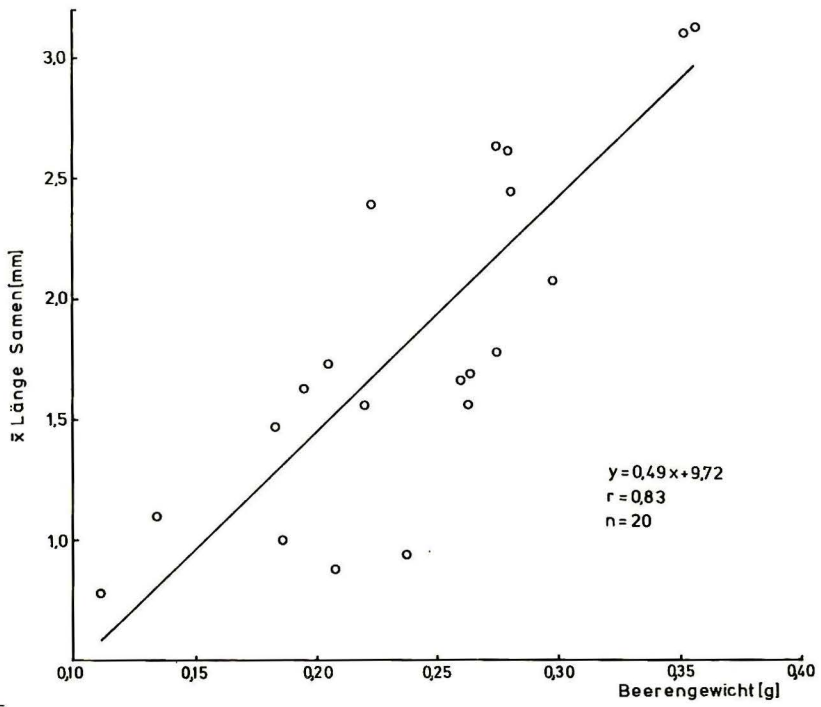
Endosperm, das relativ einfach in ausgewachsenen Samen identifiziert werden kann. Wird also in einem Samen Endosperm festgestellt, kann mit großer Wahrscheinlichkeit angenommen werden, daß in diesem Samen auch die Eizelle befruchtet worden ist.

In den großen Beeren wurde bei allen untersuchten Sorten mindestens in dem größten Samen jeder Beere Endosperm festgestellt. Dies steht in Übereinstimmung mit den Ergebnissen von KASSEMAYER und STAUDT (1982), daß die Befruchtung und Entwicklung mindestens einer Samenanlage je Beere notwendig ist, um eine Beere zu normalem Wachstum anzuregen. Die Mittelwerte der Längen des jeweils größten Samens der Beeren variierten zwischen 6,2 und 7,6 mm (Tabelle 2).

Die gleichen Verhältnisse fanden sich bei den mittelgroßen Beeren der Sorten Müller-Thurgau, Blauer Spätburgunder, Weißer Burgunder, Gewürztraminer und Septimer, wenn auch mit deutlich geringeren Samengrößen. Die Längen der größten Samen je Beere variierten zwischen 4,4 und 5,2 mm. In den mittelgroßen Beeren der Sorten Huxel, Gutedel und Scheurebe wurde jedoch nur in einem Teil der größten Samen Endosperm gefunden, in über 70 % bei der Scheurebe, 15 % bei Gutedel und unter 5 % bei Huxel. Dementsprechend waren die Samen im Mittel nur 2,2—3,8 mm lang (Tab. 2). Wie unten genauer ausgeführt wird, deuten diese Samenlängen auf ein geringes Wachstum der Samen hin. Für die Auslösung des Wachstums der mittelgroßen Beeren kann ebenfalls eine Befruchtung angenommen werden. Bei den Sorten Huxel und Gutedel genügt wahrscheinlich ein geringer Entwicklungsreiz, um das Wachstum eines fleischigen, saftigen Pericarps zu initiieren. Diese Eigenschaft ist vermutlich erblich bedingt, worauf die Abstammung der Sorte Huxel hinweist: sie ist aus einer Kreuzung zwischen den Sorten Gutedel und Courtillier Musqué hervorgegangen.

In den kleinen Beeren wurden bei den Sorten Müller-Thurgau, Blauer Spätburgunder, Weißer Burgunder, Ruländer, Gewürztraminer und Septimer in 70—100 % der größten Samen jeder Beere Endosperm gefunden (Tab. 2). Wenn man die Schwierigkeiten in Betracht zieht, kleine, nur wenig entwickelte Endosperme in 3 Monate alten Samen zu identifizieren, dürfte die Annahme berechtigt sein, daß sehr wahrscheinlich in fast allen Beeren dieser Sorten ein Samen mit Endosperm vorhanden war.

Anders liegen die Verhältnisse bei den Sorten Huxel, Gutedel und Scheurebe. Sie zeichnen sich durch besonders kleine Samen aus. Die geringen Werte für die Länge der Samen lassen vermuten, daß die Entwicklung der Samenanlagen zu einem frühen Zeitpunkt unterbrochen wurde (Tab. 2). Wahrscheinlich sistiert das Wachstum in vielen Fällen schon während der ersten 21 d nach der Bestäubung, in denen der Mitosezyklus der Zygote abläuft. Inwieweit das Wachstum von den Zygoten oder durch das Endosperm gesteuert wird, ist nicht bekannt. Nach den Untersuchungen von KASSEMAYER und STAUDT (1983) dürften Samen mit einer Länge von 2,5 mm vielleicht 16—17 d gewachsen sein; normal entwickelte Samen erreichen nach 22 d eine Länge von ungefähr 5 mm. Da sich das Endosperm nach 3—4 d gerade zu teilen beginnt und nach 16—17 d nur aus ca. 16—32 Kernen besteht, ist es nicht verwunderlich, daß in Samen bis zu 2,5 mm Länge meist keine Reste von Endosperm gefunden wurden. Wenn kein Endosperm nachzuweisen ist, darf also nicht der Schluß gezogen werden, daß in den Samenanlagen keine Befruchtung stattgefunden hat. Die wenn auch geringe Entwicklung der Samen der Sorten Huxel und Scheurebe läßt vermuten, daß auch hier eine Befruchtung erfolgt ist. Bei der Sorte Gutedel wurden in kleinen Beeren nur drei Samen mit einer Länge von 0,6 mm gefunden, deren Längen ungefähr mit der Größe der Samenanlagen zur Zeit der Befruchtung übereinstimmen. In den übrigen Beeren müssen die Samenanlagen zu einem sehr frühen Termin abgestorben sein, so daß bei der Reife keine Samen oder Reste davon analysiert werden konnten.



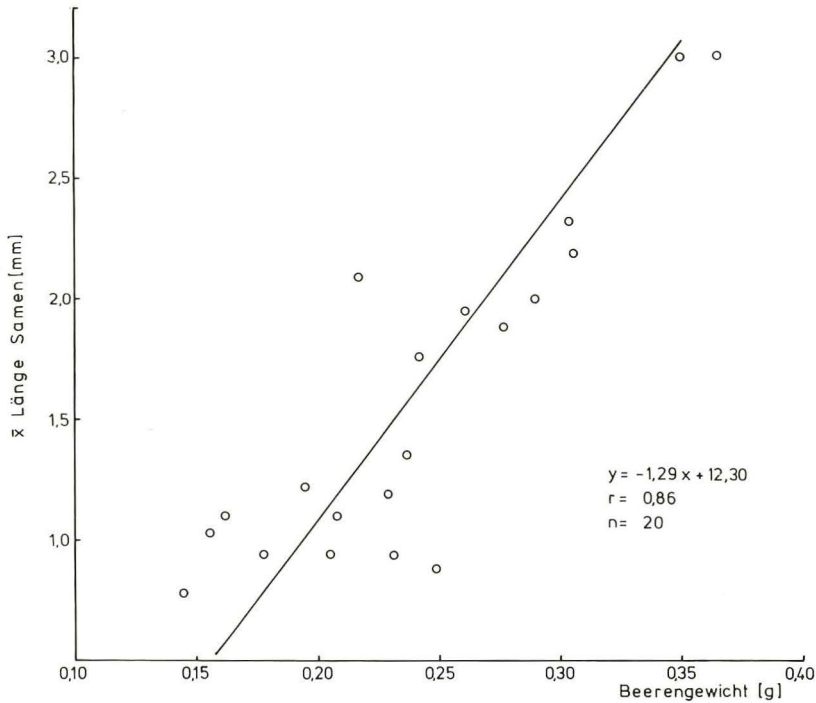


Abb. 2: Beziehung zwischen dem \bar{x} der Länge der Samen je Beere und dem Gewicht der kleinen Beeren, 1980; a) (links oben) cv. Blauer Spätburgunder, b) (links unten) cv. Müller-Thurgau, c) (rechts) cv. Septimer.

Relationship between \bar{x} of length of seeds per berry and weight of small berries, 1980; a) (left above) cv. Blauer Spätburgunder, b) (left below) cv. Müller-Thurgau, c) (right) cv. Septimer.

Zwischen dem Beerengewicht und der Länge des größten Samens der Beere liegt eine positive Korrelation vor. Da wahrscheinlich auch die anderen Samen einer Beere einen Einfluß auf das Wachstum der Beere haben, wurde weiterhin das Beerengewicht mit der durchschnittlichen Länge aller vier Samen miteinander verglichen. Bei den Sorten Müller-Thurgau, Blauer Spätburgunder, Weißer Burgunder, Gewürztraminer, Ruländer und Septimer konnte bei den kleinen Beeren eine positive Korrelation nachgewiesen werden (Abb. 2).

Im Jahr 1981 war der Anteil der kleinen Beeren erheblich geringer. Er variierte zwischen 5,5 % bei der Sorte Gewürztraminer und 39,2 % bei der Scheurebe. Das Gewicht dieser Beeren lag zwischen 0,18 und 0,37 g, war also im Durchschnitt etwas geringer als im Vorjahr. Bei den Sorten Müller-Thurgau, Blauer Spätburgunder und Septimer war in allen größten Samen je Beere Endosperm vorhanden, bei den Sorten Weißer Burgunder, Ruländer und Gewürztraminer zu 80—90 %. Das heißt, daß in beiden Jahren bei diesen sechs Sorten in fast allen kleinen Beeren eine Befruchtung stattgefunden hatte.

Bei den Sorten Gutedel und Scheurebe war 1981 in 55 bzw. 50 % aller größten Samen je Beere Endosperm ausgebildet. Die Längen der größten Samen, in denen kein Endosperm gefunden wurde, variierten zwischen 0,7 und 2,5 mm. Bei diesen Längen kann mit einem gewissen Wachstum der Samen gerechnet und somit auch eine Befruchtung angenommen werden. Bei der Sorte Huxel wurde, wie 1980, in keinem

Samen der kleinen Beeren Endosperm gefunden. Die Länge der Samen schwankte zwischen 0,6 und 1,9 mm, so daß auch hier ein anfängliches Wachstum der Samen unterstellt werden kann. In den mittelgroßen Beeren wurde nur in 15 % der größten Samen Endosperm gefunden, was darauf hinweist, daß bei der Sorte Huxel schon durch ein geringes Wachstum der Samen ein relativ großer Effekt bei der Entwicklung des Pericarps ausgelöst wird.

Bestäubung und Pollenschlauchwachstum konnten bei allen untersuchten kleinen und mittelgroßen Beeren der Sorte Huxel nachgewiesen werden.

Diskussion

Parthenocarpie ist eindeutig als Fruchtbildung ohne vorausgegangene Bestäubung definiert. Folglich dürfen die kleinen Beeren, die in den Jahren 1980 und 1981 an den Sorten Müller-Thurgau, Blauer Spätburgunder, Weißer Burgunder, Ruländer, Gewürztraminer und Septimer ausgebildet wurden, nicht als Jungferdbeeren bezeichnet werden. In fast allen kleinen Beeren wurde zumindest in dem größten Samen jeder Beere Endosperm gefunden. Damit kann für diese Beeren eine Bestäubung und Befruchtung vorausgesetzt werden.

Nicht so eindeutig liegen die Verhältnisse bei den Sorten Scheurebe, Gutedel und Huxel. Während 1981 bei Scheurebe und Gutedel in ca. 50 % der jeweils größten Samen aus den kleinen Beeren Endosperm nachgewiesen werden konnte, war dies im Jahr 1980 nur bei 10 bzw. 0 % der Fall. In dem überwiegenden Teil der Samen, in denen kein Endosperm aufgefunden wurde, hatten aber die Samen in beiden Jahren — mit Ausnahme der Sorte Gutedel 1980 — Längen erreicht, für die eine Befruchtung vorausgesetzt werden kann. Die Samen waren maximal 3,0—3,7 mm lang; solche Längen werden bei normalem Wachstum innerhalb der ersten 21 d nach der Bestäubung erreicht. Um den 21. d wird das Endosperm zellulär, und es findet die Teilung der Zygote statt. Bis zu diesem Zeitpunkt stellen offensichtlich die meisten Samenanlagen, die sich aus verschiedenen Gründen nicht normal entwickeln können, ihr Wachstum ein. Für das weitere Wachstum der Samenanlagen scheint die Entwicklung des Embryos eine notwendige Voraussetzung zu sein.

Allein für die Beeren, deren Samen bei der Reife Längen um 0,6 mm aufwiesen, und die Beeren der Sorte Gutedel, in denen 1980 keine analysierbaren Samen vorgefunden wurden, könnte eine Entstehung durch Parthenocarpie angenommen werden. Da aber nach den bisherigen Untersuchungen bei allen Beeren mit einer Bestäubung gerechnet werden muß, kann Parthenocarpie auch für die Sorten Scheurebe, Gutedel und Huxel ausgeschlossen werden.

Nachdem auch für die Sorten Weiße und Schwarze Korinthe eine Bestäubung und Pollenschlauchwachstum in den Fruchtknoten nachgewiesen wurde (PEARSON 1932) und bei der Sorte Weißer Aspirant, die keine Embryosäcke ausbildet, das Eindringen von Pollenschläuchen als entscheidend für die Beerenentwicklung angesehen wird (MÜLLER-THURGAU 1898), kann festgestellt werden, daß Parthenocarpie im Sinne von NOLL (1902) bei Reben nicht nachgewiesen worden ist.

Für die Art der Beerenbildung, wie sie für die kleinen und zum Teil auch für die mittelgroßen Beeren der untersuchten Sorten angenommen werden kann, hat STOUT (1936) den Terminus Stenospermocarpie geprägt. Bei Stenospermocarpie findet nach normaler Bestäubung und Pollenschlauchwachstum die doppelte Befruchtung statt. Die Endospermbildung wird kurze Zeit nach der Befruchtung, meist noch vor der Teilung der Zygote, unterbrochen, die Samen bleiben klein und weich. Neben der fakulta-

tiven Ausbildung stenospermocarper Beeren bei den europäischen Keltertraubensorten, für deren Ausbildung vielleicht witterungsbedingte Ernährungsstörungen verantwortlich gemacht werden können, sind sogenannte samenlose Sorten bekannt, zum Beispiel Sultanina (Syn. Thompson Seedles), bei denen dieser Ablauf der Beerenbildung obligatorisch ist.

Zusammenfassung

In den Jahren 1980 und 1981 wurde an den Sorten Müller-Thurgau, Blauer Spätburgunder, Weißer Burgunder, Ruländer, Gewürztraminer, Septimer, Huxel, Gutedel und Scheurebe die Häufigkeit und Ausbildung der kleinen, saftigen Beeren untersucht, die im deutschen Weinbau allgemein als Jungfernbeeren bezeichnet werden. Bei Müller-Thurgau, Blauem Spätburgunder, Weißem Burgunder, Ruländer, Gewürztraminer und Septimer war in beiden Jahren im größten Samen der kleinen Beeren entweder Endosperm ausgebildet, oder die Samen wiesen Längen auf, die auf Wachstum der Samenanlagen nach erfolgter Befruchtung zurückgeführt werden können. Bei Huxel, Gutedel und Scheurebe war der Anteil der kleinen Beeren, in denen kein Endosperm in den Samen vorhanden war, sehr hoch. Für die meisten Samen dieser Beeren konnte aufgrund der Samenlänge eine Befruchtung wahrscheinlich gemacht werden. Bestäubung und Pollenschlauchwachstum fand bei allen untersuchten kleinen Beeren statt.

Damit konnte bei den neun untersuchten europäischen Keltertraubensorten keine Parthenocarpie nachgewiesen werden. Da auch von anderen Autoren bisher keine Beweise für das Vorkommen von Parthenocarpie erbracht worden sind, ist es nicht berechtigt, die kleinen Beeren von *Vitis vinifera* als Jungfernbeeren zu bezeichnen.

Die Untersuchungen wurden mit Unterstützung des Forschungsrings des Deutschen Weinbaus durchgeführt.

Frau B. WIESMANN-PIENING sei herzlich für ihre sorgfältige Mitarbeit gedankt.

Literatur

- KASSEMEYER, H.-H. und STAUDT, G., 1981: Über die Entwicklung des Embryosacks und die Befruchtung der Reben. *Vitis* **20**, 202—210.
- — und — —, 1982: Der Mitosezyklus der Zygotenkerne von *Vitis vinifera*. *Ber. Dt. Bot. Ges.* **95**, 449—455.
- — und — —, 1983: Über das Wachstum von Endosperm, Embryo und Samenanlagen von *Vitis vinifera*. *Vitis* **22**, 109—119.
- MÜLLER-THURGAU, H., 1898: Abhängigkeit der Ausbildung der Traubenbeeren und einiger anderer Früchte von der Entwicklung der Samen. *Landwirtsch. Jahrb. Schweiz* **12**, 135—205.
- —, 1910: Kernlose Traubenbeeren und Obstfrüchte. *Landwirtsch. Jahrb. Schweiz* **24**, 222—224.
- NOLL, F., 1902: Fruchtbildung ohne vorausgegangene Bestäubung (Parthenocarpie) bei der Gurke. *Sitzungsber. Niederrhein. Ges. Bonn*, 149—162.
- PEARSON, H. M., 1932: Parthenocarp and seed abortion in *Vitis vinifera*. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* **29**, 169—175.
- STOUT, A. B., 1936: Seedlessness in grapes. *Exp. Sta. Tech. Bull.* (238), 1—68.

Eingegangen am 25. 1. 1984

Prof. Dr. G. STAUDT
Staatliches Weinbauinstitut
Merzhauser Str. 119
D 7800 Freiburg