

Pollenkeimung und Pollenschlauchwachstum *in vivo* bei *Vitis* und die Abhängigkeit von der Temperatur

von

G. STAUDT

Pollen germination and pollen tube growth *in vivo* with *Vitis* and the dependence on temperature

S u m m a r y . — Pollen germination and pollen tube growth of *Vitis rupestris* have been investigated in excised inflorescences of the female cv. Madeleine angevine under controlled conditions at temperatures between 2 and 28 °C.

At temperatures between 15 and 28 °C pollen grains germinated within 30 min after pollination. The pollen tubes reached their maximum speed between 30 and 60 min after pollination with an optimum of 10.7 µm/min at 28 °C. According to decreasing temperatures the growth of pollen tubes was reduced. At temperatures between 25 and 28 °C pollen tubes reached the micropyle after 12 h, some had already entered through the micropyle and some had reached the nucellus. Fertilization, therefore, may take place at these temperatures from that time on.

At 15 °C pollen germination was reduced, but some pollen tubes reached the nucellus though not before 48 h after pollination. At 10 °C germination was delayed and only a few pollen tubes showed a reasonable growth. It cannot be expected that pollen tubes reach the egg cells at that temperature within the time they still can be fertilized.

When inflorescences, pollinated before the cold treatment at 2, 5 and 10 °C, were grown subsequently at 28 °C no negative effect on the growth of pollen tubes could be observed after a 2-d treatment with 10 °C. After 2 d in 5 °C, germination was delayed, but the subsequent growth of pollen tubes in 28 °C was normal. Pollen grains withstood the treatment with 2 °C up to 4 d without any injury. Only after a 6-d treatment, germination and pollen tube growth were inhibited.

When pollinated for a second time after the cold treatment it could be demonstrated that stigmata, styles and further transmitting tissue were still functioning even after 15 d in 5 °C or 16 d in 2 °C, respectively. The ovules, on the contrary, showed signs of degeneration at least 6 d after a cold treatment with 10 °C and 6 d after a treatment with 2 °C.

Einleitung

Auf die Bedeutung einer guten Pollenfertilität, Pollenkeimung und eines normalen Pollenschlauchwachstums für die Befruchtung und das Beerenwachstum bei Reben haben schon viele Autoren hingewiesen. Auch über den Einfluß der Temperatur liegen einige Beobachtungen vor (SARTORIUS 1926, ZIEGLER und BRANSCHIEDT 1927, KOBLET 1966). Eingehende Untersuchungen über die Abhängigkeit der Pollenkeimung und des Pollenschlauchwachstums von Temperaturen zwischen 2 und 28 °C sind kürzlich veröffentlicht worden (STAUDT 1981). Danach verlaufen die Pollenkeimung und das Pollenschlauchwachstum bei 28 °C optimal. Unterhalb einer Temperatur, die zwischen 10 und 15 °C liegt, ist die Pollenkeimung nicht mehr normal; kurzzeitige Behandlungen der keimenden Pollenkörner mit 2 oder 5 °C beeinträchtigen das anschließende Pollenschlauchwachstum bei 28 °C jedoch nicht wesentlich.

Da diese Untersuchungen unter *in-vitro*-Bedingungen durchgeführt wurden, war es notwendig, die Versuche *in vivo* zu überprüfen. Hierzu mußten abgeschnittene Infloreszenzen verwendet werden, da es experimentell nicht möglich war, große Anzahlen von vergleichbaren Infloreszenzen unter den notwendigen Temperaturen zu

kultivieren. Vorversuche hatten gezeigt, daß sich das Pollenschlauchwachstum in abgeschnittenen und in Nährlösungen kultivierten Infloreszenzen bei vergleichbaren Temperaturen nicht von dem in Infloreszenzen, die sich an der Pflanze befinden, unterscheidet.

Material und Methoden

Die Untersuchungen wurden an abgeschnittenen Infloreszenzen der weiblichen *Vitis-vinifera*-cv. Madeleine angevine und Wachtelei durchgeführt. Die Infloreszenzen wurden an den Pflanzen vor dem Aufblühen eingetütet und mit den Blüten, die an 2—3 aufeinanderfolgenden Tagen aufgeblüht waren, für die Versuche verwendet. Die Kultur erfolgte in Knopscher Nährlösung in Klimaschränken, in denen die Temperatur konstant bei $\pm 0,5^\circ\text{C}$ gehalten werden konnte. Je drei Kulturgläser standen in einer Petrischale auf feuchtem Filtrierpapier mit übergestülptem Becherglas.

Für alle Bestäubungen wurden Pollenkörner von *V. rupestris* der gleichen Herkunft und Lagerung verwendet. Die Pollenkörner wurden in Tüten in Exsikkatoren über CaCl_2 bei $< -18^\circ\text{C}$ aufbewahrt. Im Gegensatz zu den Angaben von POSPIŠILOVA (1964) war die Keimfähigkeit auch nach mehr als 2 Monaten gut. Bei jedem Versuch wurde die Keimfähigkeit der Pollenkörner *in vitro* überprüft. Sie veränderte sich während der gesamten Versuchsdauer nicht.

Die Bestäubung erfolgte mit einem Pinsel, wobei die Infloreszenzen jedes Versuchs in weniger als 10 min stets zweimal von verschiedenen Personen bestäubt wurden. Dadurch wurde eine sichere Bestäubung aller Blüten gewährleistet. Für jeden

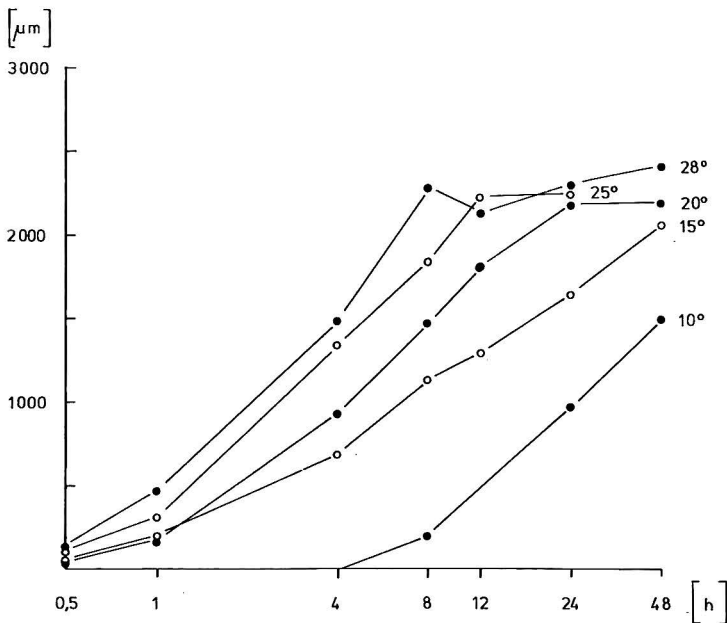


Abb. 1: Pollenschlauchwachstum (μm) bei Temperaturen von 10—28 °C *in vivo*.
Pollen tube growth (μm) at temperatures between 10 and 28 °C *in vivo*.

Versuch wurden 3—5 Infloreszenzen verwendet, von denen zu bestimmten Zeiten Blüten entnommen und in Alkohol-Eisessig fixiert wurden.

Die Untersuchung des Pollenschlauchwachstums erfolgte an Handschnitten, die nach MARTIN (1959) behandelt und im Fluoreszenz-Mikroskop untersucht und ausgewertet wurden. Die Länge der Pollenschläuche wurde durch Ausmessen der jeweils längsten Pollenschläuche von 10 Fruchtknoten mit einem Okular-Schraubenmikrometer bestimmt.

Ergebnisse und Diskussion

1. Wachstum der Pollenschläuche

Bei allen Temperaturen zwischen 15 und 28 °C waren nach 30 min Pollenkörner gekeimt und hatten zum Beispiel bei 28 °C bis zu 246 µm lange Pollenschläuche gebildet. Bei 10 °C war der Keimbeginn stark verzögert; erst nach 8 h konnten einige gekeimte Pollenkörner beobachtet werden.

Das Wachstum der Pollenschläuche zeigte eine deutliche Abhängigkeit von der Temperatur (Tabelle 1, Abb. 1), wobei zwischen 20 und 28 °C keine gesicherten Unterschiede festgestellt werden konnten. Bei 25 und 28 °C hatten die Pollenschläuche nach 4 h den Griffel durchwachsen (Abb. 2) und waren ungefähr bis auf die Höhe des chalazalen Pols der Samenanlagen, zum Teil schon bis auf die Höhe der Mitte der Samenanlagen gelangt. Nach 8 h hatten die Pollenschläuche in allen Fruchtknoten die Höhe des Funiculus erreicht und teilweise ihre Wuchsrichtung bereits um etwa 90 ° geändert, um sich der Mikropyle zuzuwenden. Vereinzelt waren Pollenschläuche schon bis in die Nähe der Mikropyle vorgedrungen. Nach weiteren 4 h, also 12 h nach der Bestäubung, wurden in allen Samenanlagen Pollenschläuche gefunden, die bis vor die Mikropyle, bereits in diese hinein oder sogar bis an den Nucellus herangewachsen waren (Abb. 3). In den folgenden 12 h waren die Pollenschläuche in allen Fruchtknoten bis an den Nucellus herangelangt, und zwar maximal zwei Pollenschläuche je Samenanlage. An den Spitzen der Pollenschläuche wurden einige Male Blasen beobachtet, so wie es von KASSEMAYER und STAUDT (1981, Abb. 7) bereits beschrieben worden ist (Abb. 4). Die Spitzen der Pollenschläuche schwellen im Bereich des Eiapparates blasig an, platzen auf und entlassen die beiden Spermazellen. Nach den vorliegenden Befunden kann davon ausgegangen werden, daß bei Temperaturen zwischen 25 und 28 °C die Befruchtung ab 12 h nach der Bestäubung stattfindet.

Bei niedrigen Temperaturen war die Geschwindigkeit des Pollenschlauchwachstums verringert (Tabelle 1). Bei 20 °C hatten die Pollenschläuche erst nach 12 h dreiviertel der Höhe der Samenanlagen erreicht und waren nach 24 h an der Mikropyle angelangt. Erst nach 24 h waren die Pollenschläuche bei 15 °C bis zu dreiviertel der Höhe der Samenanlagen gewachsen; nach 48 h hatten sie die Mikropyle erreicht oder waren vereinzelt bis an den Nucellus herangewachsen. Allerdings war bei dieser Temperatur der Anteil der Fruchtknoten, auf deren Narben keine Pollenkörner gekeimt waren, relativ hoch.

Bei 10 °C wurden nach 1 h erste Keimblasen beobachtet, und Pollenschläuche begannen nach 4 h auszuwachsen. Es keimten jedoch nur wenige Pollenkörner, und auf vielen Narben unterblieb jegliche Keimung. Nach 48 h hatten die Pollenschläuche erst zweidrittel der Strecke zu den Samenanlagen zurückgelegt, wobei der längste Pollenschlauch ungefähr dreiviertel der Höhe der Samenanlage erreicht hatte. Nach 72 h waren die Pollenschläuche nur wenig weiter gewachsen und nach weiteren 4 d konnte ein Pollenschlauch ausgemessen werden, der mit der Länge von 2103 µm zwar relativ

Tabelle 1
Die Abhängigkeit des Pollenschlauchwachstums von der Temperatur *in vivo*
Pollen tube growth *in vivo* in relation to temperature

Zeit h	Länge der Pollenschläuche in μm														
	28 °C			25 °C			20 °C			15 °C			10 °C		
	$\bar{x} \pm s$	maxi- mal		$\bar{x} \pm s$	maxi- mal	$\bar{x} \pm s$	maxi- mal	$\bar{x} \pm s$	maxi- mal	$\bar{x} \pm s$	maxi- mal	$\bar{x} \pm s$	maxi- mal		
1/2	153	111	246	107	7	156	42	3	63	54	6	101			
1	476	34	476	317	27	475	176	7	225	184	17	254			
4	1 490	108	2 370	1 342	68	1 729	937	37	1 107	688	40	887			
8	2 279	66	2 536	1 841	60	2 111	1 471	54	1 658	1 136	38	1 420	199	58	425
12	2 131	31	2 305	2 221	45	2 462	1 806	42	2 017	1 297	29	1 407			
24	2 296	42	2 494	2 248	27	2 397	2 188	32	2 252	1 644	71	2 236	978	106	1 325
48	2 408	62	2 572				2 196	41	2 327	2 060	52	2 256	1 493	62	1 831
72													1 639		1 680

lang war, aber in dem betreffenden Fruchtknoten gerade erst in Richtung der Mikropyle abgebogen und noch weit von ihr entfernt war. Da dieser Pollenschlauch mindestens noch 2 d bis zum Nucellus gebraucht hätte und nach den Untersuchungen von KASSEMAYER und STAUDT (1981) die Eizelle dann sehr wahrscheinlich bereits degeneriert gewesen wäre, kann die Möglichkeit einer Befruchtung bei einer dauernden Temperatur von 10 °C ausgeschlossen werden (vergleiche S. 214).

In den Versuchen bei 5 °C konnten nach 4 d unter 19 Fruchtknoten nur auf zwei Narben je eine relativ große Keimblase beobachtet werden. Hier war durch die niedrige Temperatur ein ähnlicher Effekt aufgetreten, wie er schon von den *in-vitro*-Versuchen beschrieben worden ist (STAUDT 1981).

2. Geschwindigkeit des Pollenschlauchwachstums

Die Geschwindigkeit des Pollenschlauchwachstums zeigte deutlich eine Abhängigkeit von der Temperatur (Tabelle 2, Abb. 6). Bei allen Temperaturen war die maximale Geschwindigkeit erheblich höher als bei den *in-vitro*-Versuchen, sie wurde stets auch früher erreicht. Mit Ausnahme der Temperatur von 10 °C wurde die maximale Geschwindigkeit bei allen Temperaturen 30–60 min nach Keimbeginn gemessen. Bei 28 °C erreichte das Pollenschlauchwachstum eine maximale Geschwindigkeit von 10,7 µm/min. Im Gegensatz dazu betrug die Geschwindigkeit bei gleicher Temperatur *in vitro* nur 5,3 µm/min (STAUDT 1981).

Wenn man die vielfältigen Wechselbeziehungen zwischen den Pollenschläuchen und den von ihnen durchwachsenen Geweben berücksichtigt, ist es nicht verwunderlich, daß die Pollenschläuche *in vivo* ein besseres Wachstum zeigten als *in vitro* (VASIL 1973, STANLEY und LINSKENS 1974).

Wie bei den *in vitro*-Versuchen konnten auch *in vivo* vier Phasen der Keimung und des Wachstums der Pollenschläuche unterschieden werden: 1. die lag-Phase, während der das Pollenkorn Wasser aufnimmt; 2. die Keimungsphase, in welcher der von der Intine umschlossene Inhalt des Pollenkorns durch einen Porus austritt; 3. die Phase des exponentiellen Wachstums und 4. die Alterungsphase nach Überschreiten des Maximums. Die Phasen 3 und 4 lassen sich deutlich in der Abb. 6 erkennen.

Die in Tabelle 2 und Abb. 6 angegebenen Werte für die Geschwindigkeit des Pollenschlauchwachstums während der ersten 30 min bedürfen einer gewissen Korrektur, da in diese Zeit auch die lag- und Keimungsphase fällt. Die Dauer dieser Phasen wurde nicht bestimmt.

3. Einfluß von kurzzeitigen Kältebehandlungen auf das Pollenschlauchwachstum

Da während der Blütezeit meist nur mit kurzzeitigen Absenkungen der Temperatur zu rechnen ist, wurde eine Reihe von Versuchen durchgeführt, mit denen festgestellt werden sollte, wie sich Temperaturschocks auf das Pollenschlauchwachstum auswirken.

Hierzu wurden Infloreszenzen sofort nach der Bestäubung Temperaturen von 10, 5 und 2 °C für verschieden lange Zeiten ausgesetzt und anschließend 4–48 h, zum Teil auch länger, bei 28 °C weiter kultiviert. Anschließend wurden die Fruchtknoten auf Pollenkeimung und Pollenschlauchwachstum untersucht.

Nach den Untersuchungen von STAUDT (1981) werden die angewandten Temperaturen in Keimschalen, ausgehend von einer Zimmertemperatur von 25 °C, nach verschieden langen Zeiten erreicht. Diese Zeit muß jeweils von der angegebenen Behandlungszeit abgezogen werden. In gleicher Weise muß hier bei einem Vergleich mit dem normalen Pollenschlauchwachstum bei 28 °C die Zeit zwischen dem Ende der Kältebehandlung und dem Erreichen der Temperatur von 28 °C berücksichtigt werden.

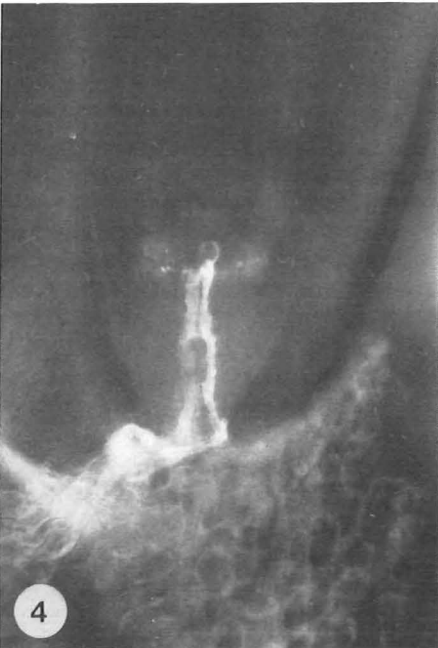
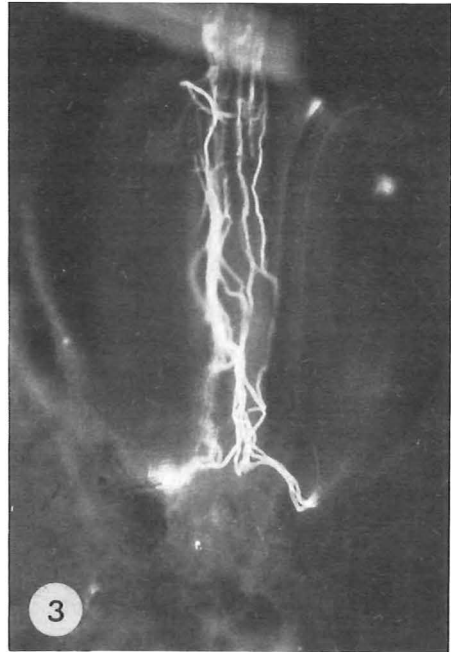
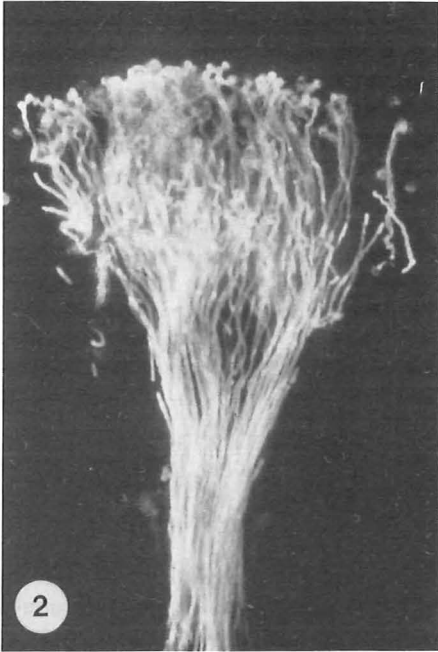


Abb. 2: Längsschnitt durch Narbe und Griffel mit Pollenschläuchen, 4 h nach der Bestäubung bei 25 °C. 90 ×.

Abb. 3: Längsschnitt durch einen Fruchtknoten mit Pollenschläuchen bis vor die Mikropyle gewachsen, 12 h nach der Bestäubung bei 25 °C. 90 ×.

Bestäubte Infloreszenzen wurden 48—96 h bei 10 °C gehalten (Tabelle 3). Nach der anschließenden Kultur in 28 °C zeigte sich, daß hinsichtlich des Pollenschlauchwachstums keinerlei Beeinträchtigung durch die Kältebehandlung aufgetreten war. Bereits nach 24 h in 28 °C hatten die Pollenschläuche Längen erreicht, die völlig mit denen der Kontrolle übereinstimmten. Allerdings wurden nach 3- und 4tägiger Kältebehandlung viele Narben gefunden, auf denen keine Keimung festgestellt werden konnte, und nach 4 d waren bereits viele Narben und Samenanlagen braun, das heißt, sie begannen zu degenerieren.

Die Behandlungen mit 5 °C für 24 h zeigten ebenfalls keinerlei Hemmung des Pollenschlauchwachstums bei anschließender Kultur in 28 °C. Nach der 48-h-Behandlung trat jedoch eine deutlich verzögerte Keimung auf, und erst nach 48 h bei 28 °C hatten die Pollenschläuche ungefähr die normale Länge erreicht. Nur auf einem Viertel der untersuchten Narben waren Pollenkörner gekeimt. Die 6tägige Behandlung mit 5 °C ergab eine stärkere Verzögerung des Keimbegins, und es keimte nur ein Pollenkorn. Nach noch längerer Kältebehandlung konnte keine Keimung mehr beobachtet werden.

Die Kältebehandlungen mit 2 °C wurden von 24 h bis zu 8 d durchgeführt (Tabelle 4). Der Aufenthalt in 2 °C bis zu 4 d zeigte keinerlei negativen Einfluß; nach 24 h in 28 °C wurde ein mit der Kontrolle übereinstimmendes Pollenschlauchwachstum festgestellt. Nach einer 6-d-Behandlung und besonders nach 8 d wurde eine deutliche Hemmung der Keimung und des Pollenschlauchwachstums beobachtet. Nur auf wenigen Narben waren Pollenkörner gekeimt und viele Samenanlagen waren braun und fluoreszierten stark.

Auffallend ist die geringere Hemmung gegenüber der Kältebehandlung mit 5 °C. Bei 5 °C war die Hemmung bereits nach einer 48stündigen Behandlung stärker ausgeprägt, und nach 6tägiger Behandlung konnte nur noch ein Pollenschlauch beobachtet werden. Bei 2 °C konnte dagegen auch nach 6 d ein relativ gutes und nach 8 d noch ein schwaches Pollenschlauchwachstum festgestellt werden.

In weiteren Versuchen sollte geklärt werden, ob das Ausbleiben der Keimung nach mehr als 6 beziehungsweise 8 d auf ein Absterben der Pollenkörner oder auf eine Schädigung der Narben zurückgeführt werden kann. Hierzu wurden bestäubte Infloreszenzen 2—18 d bei einer Temperatur von 5 °C kultiviert und jeweils vor der Überführung in 28 °C ein zweites Mal mit keimfähigen Pollenkörnern bestäubt. Aus Tabelle 5 ist ersichtlich, daß Narben, Griffel und das weitere Leitgewebe auch nach 15tägigem Aufenthalt in 5 °C noch funktionsfähig sein können. Allerdings war der Anteil der funktionsfähigen Narben bereits nach der 11tägigen Kältebehandlung sehr gering und die Keimung und das Wachstum der Pollenschläuche gehemmt. Die Pollen-

Abb. 4: Längsschnitt durch eine Samenanlage, 24 h nach der Bestäubung bei 20 °C. Zwei Pollenschläuche sind durch die Mikropyle bis an den Eiapparat gewachsen. Ein Pollenschlauch mit apikaler Blase. 180 ×.

Abb. 5: Längsschnitt durch einen Fruchtknoten mit zwei degenerierten, stark fluoreszierenden Samenanlagen. 70 ×.

Fig. 2: Longitudinal section of stigma and style with pollen tubes, 4 h after pollination at 25 °C. × 90.

Fig. 3: Longitudinal section of an ovary with pollen tubes grown up to the micropyle, 12 h after pollination, 25 °C. × 90.

Fig. 4: Longitudinal section of an ovary, 24 h after pollination at 20 °C. Two pollen tubes are grown through the micropyle up to the egg apparatus. One pollen tube with a vesiculous tip. × 180.

Fig. 5: Longitudinal section of an ovary with two degenerated, heavy fluorescent ovules. × 70.

schläuche hatten nach 24 h in 28 °C erst Längen bis zu 650 µm und nach 48 h bis zu 1800 µm erreicht. Dieses gehemmte Schlauchwachstum der normal funktionsfähigen Pollenkörner kann auf den durch die lange Kältebehandlung reduzierten Stoffwechsel

Tabelle 2

Die Geschwindigkeit des Pollenschlauchwachstums (µ/min) von *V. rupestris* auf den cv. Wachtelei und Madeleine angevine *in vivo*

Velocity of pollen tube growth (µ/min) of *V. rupestris* on cvs. Wachtelei and Madeleine angevine *in vivo*

Zeit h	Wachtelei 28 °C	Madeleine angevine				
		28 °C	25 °C	20 °C	15 °C	10 °C
0—1/2	4,4	5,1	3,5	1,4	1,8	
1/2—1	7,2	10,7	7,0	4,5	4,3	
1—4	5,8	5,6	5,7	4,2	2,8	
4—8	2,5	3,2	2,0	2,2	1,9	0,4 ¹⁾
8—12	0,08	—	1,6	1,4	0,7	
12—24	0,1	0,22	0,03	0,5	0,5	0,8 ²⁾
24—48		0,15		0,01		0,6
48—72						0,1

¹⁾ Geschwindigkeit während der 1.—8. h.

²⁾ Geschwindigkeit während der 8.—24. h.

Tabelle 3

Pollenschlauchwachstum *in vivo* nach Kältebehandlung (10 und 5 °C) und anschließender Kultur bei 28 °C

Pollen tube growth *in vivo* after cold treatment (10 and 5 °C) and subsequent culture at 28 °C

Kältebehandlung d	Kultur bei 28 °C h	Länge der Pollenschläuche (µm)			
		\bar{x}	\pm	s	maximal
Bei 10 °C					
2	24	2 370		106	2 528
	48	2 265		68	2 498
3	24	2 268		16	2 312
	48	2 371		38	2 475
4	24	2 108		143	2 282
Bei 5 °C					
1	4	1 201		66	1 570
	12	1 992		60	2 161
	24	2 341		61	2 660
2	4	820		113	1 180
	24	1 761		188	2 323
	48	2 145		143	2 288
6	24	948			948
8	42				Nicht gekeimt
	72				Nicht gekeimt
11	24				Nicht gekeimt
	48				Nicht gekeimt
	68				Nicht gekeimt

in Narben, Griffeln und Fruchtknotengewebe (Leitgewebe) zurückgeführt werden, der sich erst wieder regenerieren mußte beziehungsweise irreversibel geschädigt war. Nach einer Behandlung von 18 d und mehr waren die Narben so geschädigt, daß keimfähige Pollenkörner nicht mehr keimen konnten. Die Samenanlagen waren ebenfalls degeneriert.

Ähnliche Versuche wurden auch nach Kältebehandlungen mit 2 °C durchgeführt (Tabelle 5). Bestäubte Infloreszenzen wurden nach 8 und 16 d vor der Weiterkultur in 28 °C ein zweites Mal bestäubt. Auch nach 16tägiger Behandlung keimten die Pollen-

Tabelle 4

Pollenschlauchwachstum *in vivo* nach Kältebehandlung (2 °C) und anschließender Kultur bei 28 °C
Pollen tube growth *in vivo* after cold treatment (2 °C) and subsequent culture at 28 °C

Kältebehandlung d	Kultur bei 28 °C h	Länge der Pollenschläuche (µm)			
		\bar{x}	\pm	s	maximal
1	4	1 299		74	1 629
	12	1 884		101	2 358
	24	2 254		72	2 608
2	24	2 332		51	2 540
	48	2 434		76	2 647
3	24	2 011		53	2 172
4	24	2 220		57	2 340
	48	2 106		52	2 252
6	24	1 549		147	2 101
8	41	197		55	269

Tabelle 5

Pollenschlauchwachstum *in vivo* nach Kältebehandlung (5 und 2 °C) und anschließender Kultur bei 28 °C · Vor der Kultur in 28 °C wurden die Narben ein zweites Mal bestäubt

Pollen tube growth *in vivo* after cold treatment (5 and 2 °C) and subsequent culture at 28 °C
Before the culture at 28 °C the stigmata were pollinated for a second time

Kältebehandlung d	Kultur bei 28 °C h	Länge der Pollenschläuche (µm)			
		\bar{x}	\pm	s	maximal
Bei 5 °C					
2	4	1 281		42	1 465
	24	2 074		177	2 422
	48	2 502		49	2 669
11	24	312		170	651
	48	1 789		11	1 800
15	66	1 732		120	1 851
18	24				Nicht gekeimt
Bei 2 °C					
8	41	1 823		50	2 066
16	48	1 786		110	2 055

körner gut, und die Pollenschläuche waren teils bis vor die Mikropyle gewachsen, wobei sie nach 48 h Längen erreichten, die als fast normal angesehen werden können. Die Samenanlagen waren jedoch bereits nach 8tägiger Behandlung alle degeneriert.

Ein Teil der Narben, Griffel und des Leitgewebes konnte also Temperaturen bis zu 2 °C 16 d lang ohne Schädigung überstehen. Anders war es dagegen mit den Samenanlagen. Schon nach einer 4tägigen Behandlung mit 10 °C oder einer 6tägigen Behandlung mit 2 °C begannen die Samenanlagen stark zu fluoreszieren (Abb. 5), wodurch sie sich deutlich von den nicht geschädigten Samenanlagen unterschieden (vergleiche Abb. 3 und 4). Zumindest von diesem Zeitpunkt an muß mit der Degeneration der Samenanlagen gerechnet werden. Auch ANVARI und STÖSSER (1978) haben bei *Prunus* beobachtet, daß nicht befruchtungsfähige Samenanlagen fluoreszierten. Bei Temperaturen um 20 °C zeigten die Eizellen nicht bestäubter Fruchtknoten bereits vom 3. d nach dem Aufblühen an Anzeichen von Degeneration (KASSEMAYER und STAUDT 1981). Durch niedrigere Temperaturen scheint die Funktionsfähigkeit der Samenanlagen und Eizellen etwas verlängert zu werden. Genauere Beobachtungen darüber liegen bisher nicht vor.

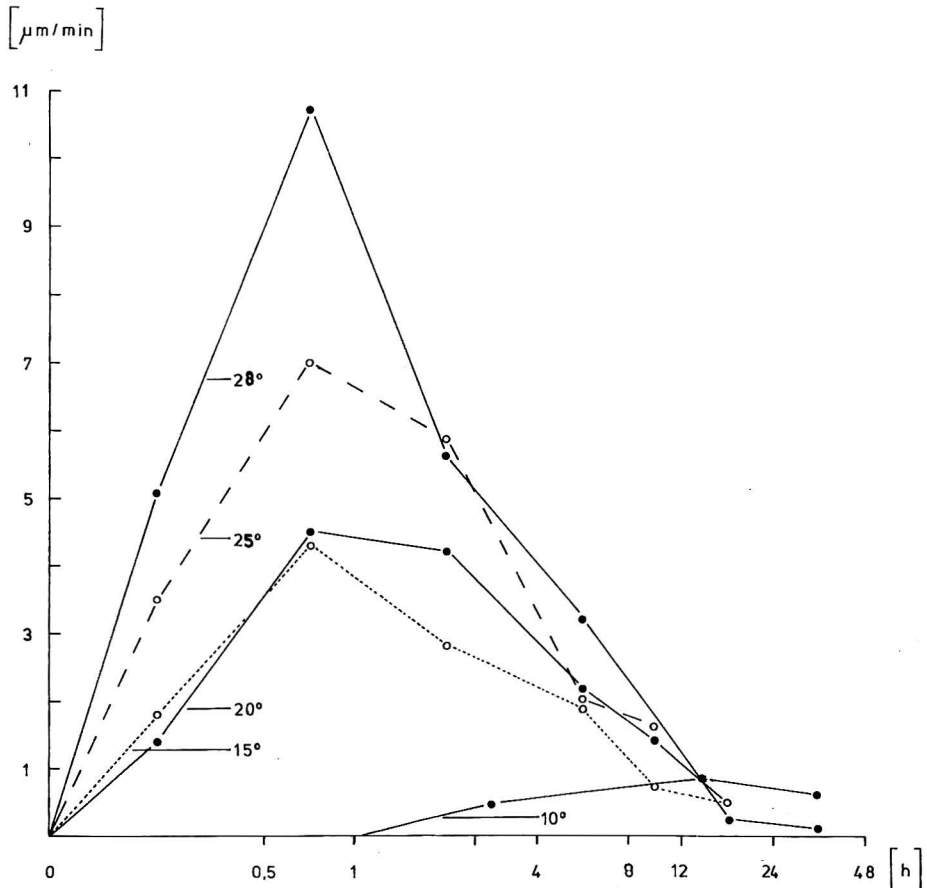


Abb. 6: Geschwindigkeit des Pollenschlauchwachstums *in vivo* bei Temperaturen von 10 bis 28 °C.

Velocity of pollen tube growth *in vivo* at temperatures between 10 and 28 °C.

Nach Untersuchungen von KOBLET (1966) sind die Pollenkörner während der letzten Tage der Reife gegenüber niedrigen Temperaturen besonders empfindlich. Nach 2- bis 6tägiger Behandlung mit Temperaturen von 10 und 13 °C direkt vor dem Aufblühen wurde eine Reduktion der Pollenfertilität auf 5—15 % erhalten. Während der Blütezeit soll die Keimfähigkeit der Pollenkörner dagegen durch Witterungseinflüsse nicht beeinflusst werden. Die letztere Aussage wird durch die vorliegenden Ergebnisse bestätigt, soweit es sich um Temperaturen zwischen 25 und 28 °C handelt. Schon bei 20 °C kommt es wahrscheinlich, wie auch bei den *in-vitro*-Versuchen (STAUDT 1981), zu einer geringeren Keimung.

Das Pollenschlauchwachstum verläuft auch bei einer Temperatur von 15 °C noch relativ normal und führt wahrscheinlich zur Befruchtung, obwohl schon bei dieser Temperatur eine deutliche Verringerung der Keimung beobachtet wurde. Erst bei einer Dauertemperatur von 10 °C kann, aufgrund der geringen Geschwindigkeit des Pollenschlauchwachstums, nicht mehr mit einer Befruchtung gerechnet werden.

Kurzzeitige Absenkungen der Temperatur auf 10 °C haben dagegen keinen Einfluß auf das Pollenschlauchwachstum, wenn die Infloreszenzen nach der Kältebehandlung in normalen Temperaturen (28 °C) weiterwachsen können. Dies gilt auch für die Temperaturen von 5 und sogar von 2 °C. Somit kann davon ausgegangen werden, daß kurzzeitige Temperaturschwankungen bis hinunter auf 2 °C, wie es in einzelnen Jahren während der Blütezeit vorkommt, keinen schädigenden Einfluß auf das Pollenschlauchwachstum haben. Die Pollenschläuche werden bei zurückgehenden Temperaturen ihr Wachstum reduzieren beziehungsweise einstellen und nach Ansteigen der Temperaturen weiterwachsen. Inwieweit durch niedrige Temperaturen eventuell die Kerne der Pollenschläuche geschädigt werden, darüber liegen bisher keine Beobachtungen vor.

Auch die Narben und das Leitgewebe sind relativ unempfindlich gegenüber niedrigen Temperaturen. Selbst nach 16tägiger Behandlung mit 2 °C konnte nach 48 h in 28 °C noch Pollenschlauchwachstum mit Längen bis zu 2055 µm beobachtet werden.

Somit muß die weitverbreitete Meinung revidiert werden, daß durch niedrige Temperaturen während der Blütezeit die Pollenkeimung und das Pollenschlauchwachstum stark beeinträchtigt werden und es infolgedessen zu einem verstärkten Verrieseln der Blüten kommt. Alle weiteren Untersuchungen weisen darauf hin, daß der weibliche Gametophyt, der Vorgang der Befruchtung und die Zygote wahrscheinlich weitaus empfindlicher gegenüber Umwelteinflüssen sind (KASSEMAYER und STAUDT 1981, 1982).

Zusammenfassung

In abgeschnittenen Infloreszenzen der weiblichen *cv. Madeleine angevine*, die mit Pollenkörnern von *Vitis rupestris* bestäubt waren, wurden unter kontrollierten Bedingungen bei Temperaturen zwischen 2 und 28 °C die Pollenkeimung und das Pollenschlauchwachstum untersucht.

Bei Temperaturen zwischen 15 und 28 °C keimten die Pollenkörner innerhalb von 30 min nach der Bestäubung. Die Pollenschläuche erreichten ihre höchste Geschwindigkeit 30—60 min nach der Bestäubung mit einem Optimum von 10,7 µm/min bei 28 °C. Mit abnehmender Temperatur verringerte sich das Wachstum der Pollenschläuche entsprechend. Die Pollenschläuche erreichten bei 25—28 °C die Mikropyle nach 12 h, einig waren zu diesem Zeitpunkt bereits durch die Mikropyle bis an den Nucel-

lus gewachsen. Es kann daher damit gerechnet werden, daß die Befruchtung bei diesen Temperaturen ab 12 h nach der Bestäubung stattfindet.

Bei 15 °C war die Keimung reduziert; nur einige Pollenschläuche erreichten erst 48 h nach der Bestäubung den Nucellus. Bei 10 °C war die Keimung verzögert und das Wachstum der Pollenschläuche gehemmt. Wahrscheinlich können die Pollenschläuche bei dieser Temperatur den Nucellus nicht in einer Zeit erreichen, während der die Eizellen befruchtungsfähig sind.

Wurden bestäubte Infloreszenzen 1—11 d bei Temperaturen von 2, 5 und 10 °C kultiviert und anschließend in 28 °C übergeführt, so konnte auch nach einer 2tägigen Behandlung mit 10 °C kein negativer Effekt auf das Pollenschlauchwachstum beobachtet werden. Nach einer 2tägigen Behandlung bei 5 °C war die Keimung verzögert, das Pollenschlauchwachstum danach aber normal. Die Behandlung mit Temperaturen von 2 °C überstanden die Pollenkörner ohne Schaden bis zu 4 d. Erst nach einer 6tägigen Behandlung trat eine Hemmung der Keimung und des Pollenschlauchwachstums auf.

Durch eine zweite Bestäubung nach der Kältebehandlung konnte festgestellt werden, daß einzelne Narben, Griffel und Leitgewebe noch nach 15 d in 5 °C beziehungsweise 16 d in 2 °C funktionsfähig waren. Die Samenanlagen zeigten jedoch mindestens nach 4 d bei 10 °C und 6 d bei 2 °C Anzeichen von Degeneration.

Meinen früheren Mitarbeitern Frau D. SCHNEIDER und Herrn R. WIND sowie Frau B. WIESMANN-PIENING sei für die zuverlässige und fleißige Mitarbeit gedankt.

Literatur

- ANVARI, S. F. und STÖSSER, R., 1978: Eine neue fluoreszenzmikroskopische Methode zur Beurteilung der Befruchtungsfähigkeit der Samenanlagen bei *Prunus*. Z. Pflanzenzücht. **81**, 333—336.
- KASSEMAYER, H.-H. und STAUDT, G., 1981: Über die Entwicklung des Embryosacks und die Befruchtung der Reben. *Vitis* **20**, 202—210.
- — — und — — —, 1982: Cytologische Untersuchungen über die Ursachen des Verrieselns bei *Vitis*. *Vitis* **21**, 121—135.
- KOBLET, W., 1966: Der Fruchtansatz bei Reben in Abhängigkeit von Triebbehandlung und Klimafaktoren. *Wein-Wiss.* **21**, 297—323; 345—397.
- MARTIN, F. W., 1959: Staining and observing pollen tubes in the style by means of fluorescence. *Stain Technol.* **34**, 125—128.
- POSPÍŠILOVÁ, D., 1964: Studium der Bedingungen, die die Keimfähigkeit des Pollens von Sorten der *Vitis vinifera* beeinflussen (slowak.). *Rostl. výroba* **12**, 1291—1300. [Ref.: *Weinberg* u. Keller **12**, 1965, 184—185.]
- SARTORIUS, O., 1926: Zur Entwicklung und Physiologie der Reblüte. *Angew. Bot.* **8**, 29—62; 65—89.
- STANLEY, R. G. and LINSKENS, H. F., 1974: *Pollen. Biology, biochemistry, management.* Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York.
- STAUDT, G., 1981: Die Abhängigkeit der Pollenkeimung und des Pollenschlauchwachstums von der Temperatur bei *Vitis rupestris* *in vitro*. *Mitt. Klosterneuburg* **31**, 223—230.
- VASIL, J. K., 1973: The new biology of pollen. *Naurwiss.* **60**, 247—253.
- ZIEGLER, A. und BRANSCHIEDT, P., 1927: Untersuchungen über die Reblüte. *Angew. Bot.* **9**, 340—374; 387—415.

Eingegangen am 17. 2. 1982

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